

Jahresbericht 2021/2022

Forschungshighlights aus den
Bereichen Engineering, Produktion
und Multimateriallösungen

Jahresbericht 2021/2022

Forschungshighlights aus den
Bereichen Engineering, Produktion
und Multimateriallösungen

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub

Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk (geschäftsführend)

Inhalt

Editorial	4
Aus dem Kuratorium	6
Forschungsfokus	8
Engineering	
Neuartige Al-Ni-Gusslegierungen für Leichtbauanwendungen	12
Entwurf von nachhaltigen Composite-Bauteilen auf Knopfdruck	13
Strukturdesign trifft Composite-Fertigung	14
Sensorintegration als Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion	15
Hochleistungsfähige Tapes aus recycelten Carbonfasern für den Leichtbau	16
Additive Fertigung als Enabler für die Kernfusion	17
Digitale Fabrikplanung mit BIM und Augmented Reality	18
Best-Practice: Digitale Fabrikplanung	19
Produktion	
Additive Herstellung von Bauteil-Gussformen für Offshore-Windkraftanlagen	21
Schlickerbasierter 3D-Druck von sinterfähigen Gießkernen	22
Steuerung der lokalen Binder-Konzentration im Binder Jetting	23
Liquid-Metal-Printing: Neue Technologie für die Additive Fertigung	24
Additive Fertigung filigranster Kupferteile mit grünem Laser	25
Sekundär-Aluminium im Formguss	26
Bionische Greiferstrukturen zur Handhabung und Reinigung von Bauteilen	27
Entwicklung eines eigenschaftsgeregelten Reckschmiedeprozesses	28
Hochsteife antistatische Composite-Leitungssysteme	29
Multikriterielle Bewertung von rCFK-Prozessrouten	30
Digitalisierung in der Batteriematerial- und Batteriezellenproduktion	31
Battery-Makerspaces: Flexible Plattform zur Zell- und Speicherentwicklung	32
Energiekosten und Treibhausgasemissionen mit Wasserstoff senken	33
Innovative Betriebsstrategien und Services für energieflexible Fabriken	34
Multimateriallösungen	
Wiederverwendbare faserverstärkte Sandgussformen	36
Nachhaltige Faserverbund-Sandwich-Profile mit Myzel-Kern	37
Carbonfaser-Recyclingvliese im Multimaterialansatz	38



Querschnittslösungen	39
Elektromobilität und Batteriezelle	40
Biologische Transformation – Wertschöpfung natürlich nachhaltig	42
Nachhaltige Fabrikplanung und Betriebsstrategien	46
Nachhaltigkeit als Leitmotiv in der Faserverbundtechnologie	48
Additive Multimaterialverarbeitung neu gedacht	52
KI in der Produktion – Der Schlüssel zum Erfolg	54
Neues aus dem Institut	57
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart in den Ruhestand verabschiedet	58
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub ist neuer Institutsleiter am Fraunhofer IGCV	59
Eröffnung des neuen Gießereitechnikums des Fraunhofer IGCV	60
Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg: Erfolg weiterführen	61
Neues White Paper informiert über ungenutzte Potenziale der Additiven Fertigung	62
White Paper informiert über resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie	63
Neuer Leitfaden informiert über den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern	64
Girls' Day 2022 am Fraunhofer IGCV	65
»What matters?«: Forschungsaufenthalt in Cambridge	66
Forschungsaufenthalt am SZTAKI	67
Profil	68
Portrait	69
Kennzahlen	70
Die Fraunhofer-Gesellschaft	72
Fraunhoferweite Netzwerke: Kompetenzen bündeln	73
Unser Forschungsoutput: Forschungsergebnisse sicht- und nutzbar machen	77
Betreute Doktorarbeiten	78
Quellen und Bildquellen	80
Impressum	81

Editorial

Die vergangenen beiden Jahre waren in vielerlei Hinsicht für uns alle eine große Herausforderung. Die Einschränkungen durch Corona, die allgemeine Verunsicherung durch den Ukrainekrieg und die daraus resultierende Verteuerung der Energie – all das hat tiefe Spuren in der Gesellschaft und in der Industrie hinterlassen, die uns am Fraunhofer IGCV zu tiefgreifenden Maßnahmen gezwungen haben.

Im Jahr 2021 sind unsere Wirtschaftserträge stark gesunken, sodass wir als Sofortmaßnahme unsere Wachstumspläne erst einmal auf Eis gelegt haben. Wir sind sehr froh und auch ein bisschen stolz, dass wir insbesondere durch öffentlich geförderte Projekte, Fraunhofer-interne Programme und eine großzügige Förderung durch den Freistaat Bayern die Auslastung sichergestellt und ohne Kurzarbeit am Fraunhofer IGCV weitergearbeitet haben.

Wir konnten so die vergangenen beiden Jahre nutzen, um uns auf die Zukunft einzustellen. Dies gilt sowohl für Investitionen als auch für den Wissensaufbau und strategische Partnerschaften. Ein ganz wichtiger Aspekt sind zudem unsere beiden neuen Institutsgebäude, deren Fertigstellung in die Coronazeit gefallen ist. Gab es beim Umzug in das Gebäude am Technologiezentrum 10 in Augsburg 2020 noch einige Verzögerungen bei der Inbetriebnahme der Anlagen wegen Nichtverfügbarkeit von Technikern und Service-Personal, merkte man 2021 beim Bezug des Gießereitechnikums in Garching, dass das eine Jahr Erfahrung mit Corona schließlich zu einer nahezu reibungs-freien Übernahme geführt hat. Ganz herzlichen Dank an die hoch motivierte IGCV-Mannschaft, die Unterstützung durch die Fraunhofer-Zentrale und die Bereitstellung der finanziellen Mittel durch Freistaat und Bund.

Ein weiterer zentraler Baustein für unsere Zukunftsfähigkeit ist, dass wir nun in der Institutsleitung wieder komplett sind. Mit Rüdiger Daub konnten wir einen neuen Leiter für den Wissenschaftsbereich »Verarbeitungstechnologie« gewinnen. Er folgt Gunther Reinhart, den wir vor drei Jahren in den Ruhestand verabschiedet haben. Rüdiger Daub kommt von BMW und erweitert unser Kompetenzportfolio in der Verarbeitungstechnik um den Bereich der Batterieforschung. Die Fraunhofer-Zentrale unterstützt dies durch eine hohe Anschubfinanzierung, die uns den Aufbau einer flexiblen Forschungs- und

Entwicklungsplattform für den Transfer von neuen Batterie-konzepten durch Prototypen für die Elektrifizierung im Fahrzeug- und Flugzeugbau sowie in anderen Anwendungsbereichen ermöglicht.

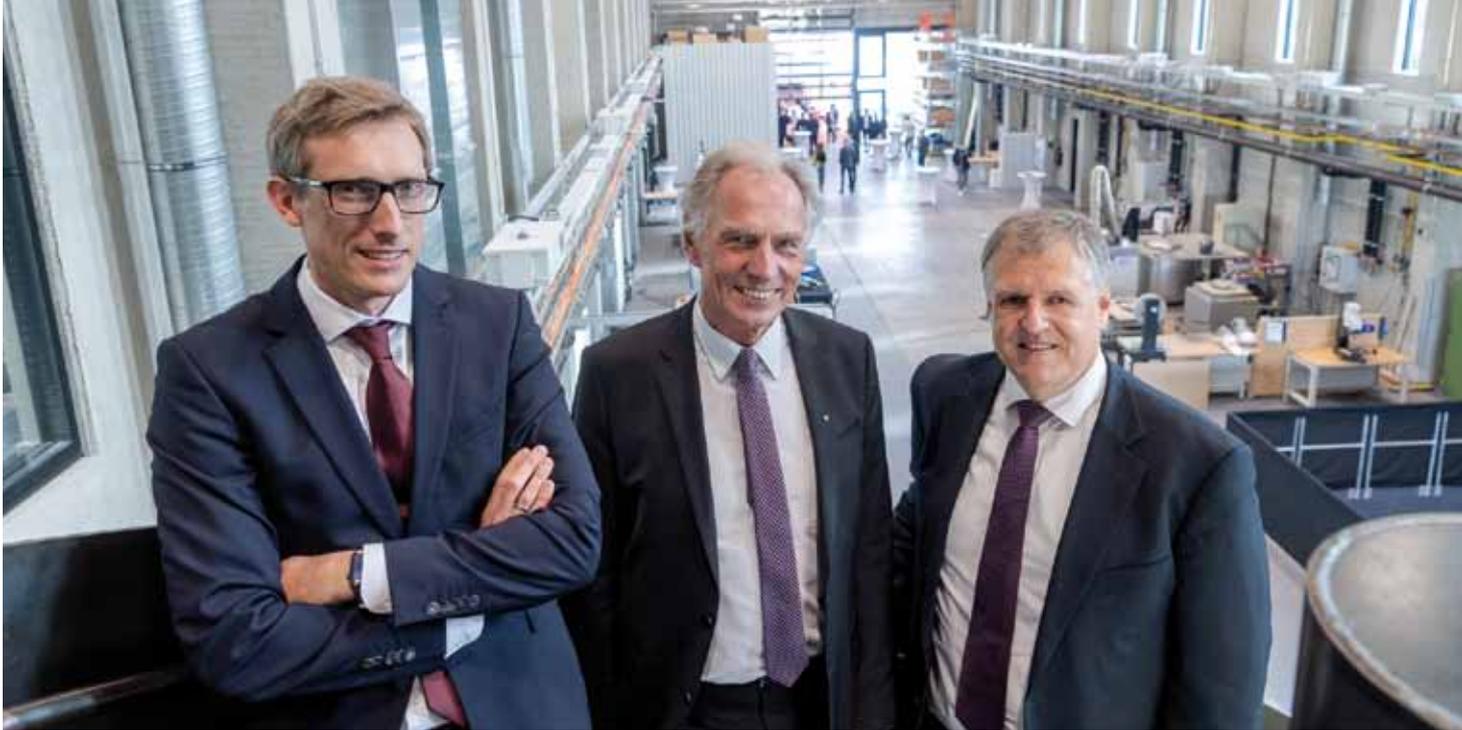
Die Rolle des geschäftsführenden Direktors hat turnusmäßig Wolfram Volk von Klaus Drechsler zum 1. Juli 2022 übernommen. Wir möchten diesen formalen Wechsel auch als Anlass nehmen, die Struktur des Fraunhofer IGCV weiterzuentwickeln und für die Herausforderungen der Zukunft neu aufzustellen. Zusätzlich zu den Technologiebereichen Gießerei, Composites und Verarbeitung sind die Einführung von institutsübergreifenden Methodenabteilungen, etwa in den Bereichen Nachhaltigkeit und Digitalisierung, geplant.

Neben der fachlichen Expertise der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist die exzellente experimentelle Ausstattung ein zentrales Markenzeichen der Forschung in der Fraunhofer-Welt.

Hier können wir mit dem KI-Produktionsnetzwerk Augsburg, in dessen Rahmen wir vom Freistaat Bayern, der Europäischen Union und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung eine Förderung von insgesamt 11,6 Millionen Euro erhalten, einen zentralen Schritt in Richtung Modernisierung und Sicherstellung der Zukunftsfähigkeit unserer Forschungsanlagen gehen. Wir können mit dieser Initiative beispielsweise die aktuellste Generation der Fiber-Placement-Technologie beschaffen sowie bestehende Anlagen im Bereich der Additiven Fertigung und der Faserverbundtechnologie digitalisieren und somit für die Forschung mit Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) tauglich machen. Besonders zu erwähnen ist auch die geplante Sensorik-Beschaffung für eine einzigartige Nassvlies-anlage, die uns im Bereich des Recyclings von Carbon Composites völlig neue Möglichkeiten bei der voll digitalisierten Herstellung hochwertiger, funktionaler Vliese zur Verwertung von Recyclingabfällen bietet.

Jede Beschaffung wird durch Forschungsprojekte ergänzt, um entsprechend Know-how für den Transfer in die regionale und nationale Industrie aufzubauen.

Im Rahmen des KI-Produktionsnetzwerkes werden wir auch die Kooperation mit der Universität Augsburg, dem



Institutsleitung (v.l.n.r.) Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub, Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler, Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk

DLR-Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) und der Hochschule Augsburg weiter intensivieren. Mit den beiden Erstgenannten schaffen wir eine gemeinsame Forschungsinfrastruktur in einem neuen Gebäude und werden diese zusammen mit Projektpartnern aus der Industrie betreiben.

Im Bereich der Industriekooperationen konnten wir die Zusammenarbeit mit vielen bestehenden und neuen Kontakten trotz schwieriger Randbedingungen weiterführen und neu aufbauen. Beispielhaft möchten wir die Zusammenarbeit mit Premium Aerotec (PAG) in Augsburg erwähnen. PAG ist für uns schon seit Jahren ein Industriepartner mit höchster strategischer Bedeutung. Im Rahmen von Weiterentwicklungen des Airbus A350 werden wir insbesondere die automatisierte Fiber-Placement-Technologie gemeinsam weiterentwickeln, um CFK-Strukturbauteile kostengünstiger und vor allem nachhaltiger zu fertigen. Die »Circular Economy« von der Vermeidung von Produktionsabfällen bis zum Einsatz von Recycling-Material wird hierbei eine besondere Rolle spielen, aber auch die Erkenntnisse aus den Projekten des KI-Produktionsnetzwerkes werden unmittelbar in die Entwicklung und Fertigung einfließen. Zur Initiierung und Umsetzung von Zukunftstechnologien konnten wir erneut umfangreiche Mittel aus den Luftfahrtforschungsprogrammen (LuFo) akquirieren. Allein im letzten Call waren es über drei Millionen Euro.

Ein weiterer strategischer Partner des Fraunhofer IGCV ist die BMW Group. Die Zusammenarbeit konnte mit einer ganzen Reihe von Projekten gestärkt werden. Gemeinsam haben wir beispielsweise ein auf »OPC Unified Architecture (UA)« basierendes Informationsmodell aufgebaut, das die BMW Group als neuen Standard bei der Anlagenbeschaffung einsetzen wird. In einem weiteren Projekt konnten wir das Potenzial von additiv gefertigten Gussformen für Prototypen- und Kleinserienbauteile eindrucksvoll darstellen. Besonders stolz sind wir, dass

wir mit beiden Projekten auf dem jährlichen BMW-Fraunhofer Technologietag im BMW-Werk München eingeladen waren, um die erfolgreichen Inhalte vor einem hochkarätigen Publikum präsentieren zu dürfen.

Auch wenn wir in Bezug auf die Geschäftsentwicklung und das Wachstum noch nicht an die Aufbauphase des Fraunhofer IGCV in der Vor-Coronazeit anschließen konnten und uns insbesondere die SAP-Einführung nicht nur in der Verwaltung viel abverlangt, können wir mit den Jahresabschlüssen als junges Institut sehr zufrieden sein. Es ist uns gelungen, trotz der widrigen Umstände in den Jahren 2021 und 2022 einen positiven Jahresabschluss zu erzielen und auch den Anteil der Wirtschaftserträge zu stabilisieren und 2022 wieder zu steigern.

Wir sind daher überzeugt, eine gute Basis für die Weiterentwicklung des Fraunhofer IGCV geschaffen zu haben und schauen trotz aller großen Herausforderungen optimistisch in die Zukunft. Wir möchten uns ganz herzlich bei unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, der Fraunhofer-Zentrale, dem bayerischen Wirtschaftsministerium, den Mitgliedern unseres Kuratoriums, aber auch bei all unseren Industriepartnern für das Vertrauen und das persönliche Engagement zum Wohle des Fraunhofer IGCV bedanken. Wir freuen uns darauf, mit Ihnen zusammen viele interessante technologische Entwicklungen anzustoßen und Sie bei der Umsetzung zu unterstützen.

Rüdiger Daub

Klaus Drechsler

Wolfram Volk

Aus dem Kuratorium

Die Jahre 2021 und 2022 waren weltweit geprägt durch die nach wie vor andauernde Corona-Pandemie und nun auch einen Krieg in Europa. Die zunehmende Abschottung der Wirtschaftsräume, Verwerfungen in den Versorgungsketten, steigende Rohstoffpreise, eine unsichere Energieversorgung und hohe Inflation bei gleichzeitig verstärkten Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele führen zu einer weiteren Verschärfung der Wirtschaftslage.

Die VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)-Rahmenbedingungen werden wohl so bald kein Ende nehmen, im Gegenteil: VUCA wird zum »New Normal«.

Veränderungen betreffen auch das Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, sowohl inhaltlich als auch personell. Die Stelle von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart war (zu) lange unbesetzt. Umso mehr freue ich mich, dass es gelang, mit Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub zum 1. Juni 2021 einen ausgezeichneten neuen Institutsleiter zu berufen.

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub setzt neue Schwerpunkte wie etwa mit der Batteriestrategie. Als weitere Personalie hat die Geschäftsführung des Instituts turnusgemäß zum 1. Juli 2022 von Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler auf Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk gewechselt.

Nach dem Neubau des Wissenschaftsbereichs Verarbeitungstechnik in Augsburg, der im Dezember 2019 in Betrieb genommen wurde, konnte das neue Gießereitechnikum in Garching im Oktober 2021 eröffnet werden.

Am 11. Mai 2022 konnte die 6. Kuratoriumssitzung – nach zwei coronabedingt virtuellen Sitzungen – wieder in Präsenz in Augsburg stattfinden. Das Kuratorium konnte sich bei einer Führung durch den Neubau des Wissenschaftsbereichs Verarbeitungstechnik vor Ort einen direkten Eindruck von den aktuellen Projekten verschaffen.

Das Fraunhofer IGCV stellt sich erfolgreich den neuen Problemstellungen und hat begonnen, eine robuste Zukunftsstrategie zu entwickeln. Die vielen Aktivitäten des Fraunhofer IGCV können Sie diesem Jahresbericht 2021/2022 entnehmen. Ich möchte an dieser Stelle beispielhaft nur die Batteriestrategie des Fraunhofer IGCV, das KI-Produktionsnetzwerk und die Digitalisierte Kreislaufwirtschaft nennen.

Das Fraunhofer IGCV hat sich gut für die zukünftigen Herausforderungen aufgestellt. Als Kuratorium begrüßen wir die aktive Weiterentwicklung und wünschen dem Fraunhofer IGCV weiterhin viel Erfolg.



Dr. Ralf Fröchtenicht
Kuratoriumsvorsitzender des Fraunhofer IGCV

Kuratoriumsmitglieder des Fraunhofer IGCV



Vorsitzender des Kuratoriums
Dr. Ralf Fröchtenicht
 BMW AG, München



Prof. Dr. Carsten Intra
 Volkswagen AG,
 Hannover



Stellv. Vorsitzende des Kuratoriums
Prof. Dr. Sabine Doering-Manteuffel
 Universität Augsburg



Bernd Kaufer
 Brose Fahrzeugteile SE & Co. KG,
 Coburg



Barbara Bergmeier
 Airbus Defence and Space GmbH,
 Taufkirchen



Dr. Michael Korte
 Audi Akademie,
 Ingolstadt



Christine Dübler
 ZwickRoell GmbH & Co. KG,
 Ulm



Prof. Dr. Heinz Neubert
 Siemens Energy Global GmbH & Co. KG,
 Erlangen



Dr. Michael Eisenbarth
 ZF Automotive Germany GmbH,
 Alfdorf



Dr. Helmut Schwarz
 KRONES AG,
 Rosenheim



Dr. Erwin Flender
 Dr. Flender Holding GmbH,
 Aachen



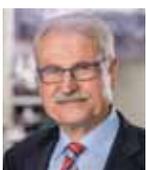
Stefan Thomé
 Airbus Helicopters S.A.S.,
 Marignane Cedex, Frankreich



Prof. Dr. Peter Gumbsch
 Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik
 IWM, Freiburg



Prof. Dr. Babette Tonn
 Technische Universität Clausthal,
 Clausthal-Zellerfeld



Prof. i.R. Dr. Hartmut Hoffmann
 Technische Universität München,
 Garching



Ltd. MR Dr. Stefan Wimbauer
 Bayerisches Staatsministerium für
 Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie,
 München

Forschungsfokus Engineering, Multimateriallösungen und Produktion

Sind wir in der Lage, unserer Gesellschaft eine nachhaltige Zukunft auf vergleichbarem Wohlstandsniveau zu ermöglichen?

Wir am Fraunhofer IGCV sind überzeugt, dass eine nachhaltige Produktion auf Basis eines Multimaterialansatzes und im Zusammenspiel mit einem entsprechenden Engineering die Grundvoraussetzung hierfür ist, und arbeiten daran, diese Zukunft zu ermöglichen. Die nachhaltige Produktion vereint ökologische, ökonomische und soziale Aspekte. Was vor Jahren als theoretischer Handlungsbedarf identifiziert wurde, hat 2021 eine Relevanz entwickelt, an die kaum jemand geglaubt hat. Die strategische Aufbauarbeit des Fraunhofer IGCV im Bereich der Nachhaltigkeit kann sich jetzt voll im Transfer von Wissen entfalten. Ein Großteil unserer Arbeit besteht darin, Firmen zu unterstützen, Nachhaltigkeit messbar zu machen, gemeinsam aus Sicht der Nachhaltigkeit deren Standpunkt zu bestimmen und Handlungsmöglichkeiten abzuleiten. Dabei wird immer wieder offensichtlich, dass auch heute noch viele Potenziale einfach gehoben und Energie- sowie CO₂-Ausstoß eingespart werden können.

Um mittel- und langfristig nachhaltig zu werden, sind erneuerbare Energien der Schlüssel zum Erfolg. Heute machen diese laut Umweltbundesamt über 40 Prozent des Bruttostromverbrauchs, etwa 16 Prozent des Bruttowärmeenergieverbrauchs und nur etwa sieben Prozent des Bruttoenergieverbrauchs im Verkehrsbereich aus. Im Verkehrs- und Wärmebereich sind Speichertechnologien die Voraussetzung, um den Anteil an erneuerbaren Energien im Gesamtverbrauch steigern zu können. Die Nachfrage nach Batterien steigt deshalb in dieser Dekade alleine aufgrund der regulatorischen Anforderungen im

Verkehrssektor um etwa 800 Prozent an.

Aufbau Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB)

Aus diesem Grund macht sich in Europa aktuell eine Vielzahl an Firmen daran, Zell- und Batterieproduktionen in atemberaubender Geschwindigkeit aufzubauen. Viele Firmen begeben sich dabei in ein technologisch völlig neues Feld. Gleichzeitig werden zahlreiche mögliche neue Zelltechnologien entwickelt, welche neue Anforderungen an die Produktion von Batteriezellen und Batterien stellen. Es ist daher absehbar, dass eine langfristige Unterstützung aus der Forschung in die Industrie hinein notwendig sein wird. Die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt hier durch den Aufbau der Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB) in Münster.

Das Fraunhofer IGCV ist Teil des Teams, das die Fabrik, die Anlagen und die Produkte der FFB plant. Dabei setzen wir unsere Kompetenzen im Bereich der Automatisierungs- und Montagesysteme sowie der Logistik- und Fabrikplanung ein und erweitern unser Wissen in diesem neuen Themenfeld. Gleichzeitig baut das Fraunhofer IGCV eine eigene Pilotlinie für Festkörperzellen zusammen mit der Kompetenz zur mechanischen Zell- und Speicheranlegung sowie zur schnellen Erprobung von Produkt- und Fertigungskonzepten auf – auch für die Lithium-Ionen-Technologie.

Eine besondere Herausforderung ist es in diesem Zusammenhang, erforderliche Bauteile



Sauberkeitsprüfung von Batterieelektroden hinsichtlich partikulärer Verunreinigungen mittels aktiver Thermografie

schnell verfügbar zu haben. Hier greifen wir auf das einzigartige Know-how des Fraunhofer IGCV im Bereich der Additiven Fertigung zurück. Dieses erlaubt es uns, selbst anspruchsvolle Multimaterialbauteile oder großformatige Gussbauteile, wie Batteriegehäuse, in kürzester Zeit umzusetzen. Das Fraunhofer IGCV positioniert sich damit innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft im Produktentstehungsprozess vor der FFB mit dem Ziel, Ergebnisse im Bereich der Batterie zelle direkt in die FFB zu transferieren und dort zu industrialisieren. Auch hier gilt: Wir müssen gemeinsam mit unseren Partnern im Netzwerk agieren, um den übergroßen Herausforderungen gerecht zu werden.

Wasserstoff aus erneuerbaren Energien als weiterer Energiespeicher

Das Jahr 2022 hat mit dem Ukrainekrieg der Wende hin zu erneuerbaren Energien eine komplett neue Relevanz gegeben. Die aus dem Krieg resultierende Energiepreiskrise bringt viele Unternehmen ökonomisch an ihre Grenzen. Zuvor rein ökologische Überlegungen zu Energieeinsparungen und erneuerbaren Energien werden über Nacht wettbewerbsentscheidend.

Am Beispiel der Wärmeversorgung wird das besonders deutlich. Die Verknappung von Gas hat in wenigen Wochen zu einem Preis geführt, der durch regulatorische Eingriffe nie erreicht worden wäre. Wo wir können, unterstützen wir unsere Partner in der Industrie, ihre Produktion dieser neuen Situation anzupassen. Um langfristig eine unabhängige Energieversorgung für Europa, Deutschland

und Bayern sicherzustellen, reichen Batterien als Energiespeicher nicht aus. Wasserstoff aus erneuerbaren Energien muss als weiterer Energiespeicher verfügbar gemacht werden. Die skalierbare Produktion von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen ist das kritische Element. Als Mitglied im Nationalen Aktionsplan Brennstoffzellen-Produktion (H2GO) bringt das Fraunhofer IGCV seine produktionstechnische Kompetenz insbesondere im Bereich der Technischen Sauberkeit ein.

Neue Entwicklungen im Bereich Composite

Unsere Kompetenz im Bereich der Produktion und Automatisierung war auch eine wichtige Basis für neue Entwicklungen im Composite-Bereich. Insbesondere im Zusammenspiel mit den Möglichkeiten, die uns das KI-Produktionsnetzwerk Augsburg zur Erweiterung unserer Anlagentechnologie und zum Kompetenzaufbau im Rahmen von Projekten bietet, konnten wir drei unserer Kernbereiche weiter ausbauen.

Die Fiber-Placement-Technologie ist ein effizientes Verfahren zur automatisierten Herstellung von CFK-Leichtbaustrukturen insbesondere in der Luft- und Raumfahrttechnik. Mit unseren Partnern Premium Aerotec und MT Aerospace entwickeln wir diese Technologie kontinuierlich weiter und etablieren sie in immer neue Anwendungsgebiete. Am Fraunhofer IGCV haben wir hierfür die neueste Generation der Coriolis-Anlagenfamilie beschafft. Durch ein optimales Zusammenspiel von Materialsystem (z.B. unidirektionale Prepreg-Tapes), Robotersteuerung und



*Fiber-Placement-Technologie
am Fraunhofer IGCV*

Prozessparametern wie Ablegegeschwindigkeit, Druck und Temperatur können hohe Ablegeraten auch bei komplexen Geometrien erreicht werden, wodurch die Technologie auch für den Automobilbau interessant werden könnte. Die komplette Prozessdatenerfassung und -verarbeitung ermöglicht nicht nur einen robusten Prozess und herausragende mechanische Eigenschaften der CFK-Bauteile, sondern auch ein integriertes Qualitätsmanagement, das letztendlich die aufwändige zerstörungsfreie Bauteilprüfung überflüssig machen könnte.

Die Pultrusionstechnologie ist eine etablierte Technologie am Fraunhofer IGCV. Die Schwerpunkte unserer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten lagen bisher insbesondere in den Bereichen Prozesstechnologie, zum Beispiel zur Verarbeitung neuer Matrixsysteme oder zur Herstellung komplexer Strukturen für den Automobil- und Flugzeugbau. Der nächste Schritt ist nun die volle Digitalisierung der Anlagen. Mit einem entsprechenden On-Line Prozessmonitoring haben wir die Möglichkeit, alle relevanten Daten aufzunehmen und KI-Methoden zugänglich zu machen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf einem Wissensmanagement in Anlehnung an die Biologische Transformation. Ziel ist es, nicht nur den Prozess schneller und energieeffizienter zu machen, sondern auch die Entwicklungsphase zu unterstützen. Der Werkzeugbau spielt hier ebenso eine Rolle wie ein schneller und robuster Prozessanlauf.



Abguss einer Eisenlegierung

Auch die Nassliestechnik ist im Prinzip ein etablierter Prozess, der vor allem in der Papierfertigung zum Einsatz kommt. Am Fraunhofer IGCV verfügen wir seit kurzem über eine der modernsten Anlagen, die auch die Verarbeitung von Carbon-Kurzfasern ermöglicht. So entstehen Vliese mit herausragenden mechanischen und funktionalen Eigenschaften. Auch diese Anlage wird nun Schritt für Schritt digitalisiert und mit Sensoren versehen, um eine noch bessere Prozesssteuerung zu ermöglichen. Hierdurch wird es beispielsweise möglich, die Homogenität zu verbessern und die Faserausrichtung gezielt zu steuern. Zwei Parameter, die für die Erschließung neuer Anwendungsfelder sehr wichtig sind. Ziel ist es letztendlich, die Recyclingkette zu schließen und aus CFK-Recyclaten hochwertige Produkte herzustellen.

Nachhaltige Werkstoffe und Materialien

Eine nachhaltige Produktion beginnt mit dem Einsatz von nachhaltig hergestellten Werkstoffen und Materialien. Metallische Gusswerkstoffe bieten schon lange beste Voraussetzungen beim Recycling und Wiedereinsatz. Offene Themen wie die Reduzierung des CO₂-Fußabdruckes bei der Verwendung von Aluminiumlegierungen werden im Gießereibereich erarbeitet. Durch die geschickte Trennung und Aufbereitung der Rücklaufwerkstoffe kann der Wiedereinsatz ohne qualitative Einbußen erfolgen. Dies reduziert den Einsatz von Primäraluminium und unnötigen Umschmelzvorgängen.

Eine weitere Ressourceneinsparung im Gießereibereich wird durch das Schließen von digitalen Lücken in der Prozesskette erreicht. Durch die lückenlose Rückverfolgbarkeit sind Einsparungen durch Ausschuss- und Energie-reduzierung möglich. Dabei beschränkt sich die Rückverfolgbarkeit nicht nur auf das Gussteil, sondern auch auf die vorgelagerten Prozesse, wie zum Beispiel die Kernfertigung. Die Herausforderung liegt in den unterschiedlichen Oberflächenqualitäten der Bauteile während des Durchlaufs bei der Bauteilherstellung, wobei eine Kombination von markierungslosen und markierenden Systemen und deren Verknüpfung mit den Prozessdaten zum Einsatz kommt.

Die Weiterentwicklungen bei der Additiven Fertigung mit dem Binder-Jetting-Verfahren zeigen, dass die nachhaltige Fertigung von hochkomplexen Bauteilen bereits bei der Einzelteilerfertigung im Vordergrund stehen kann. Mittels der werkzeuglosen Fertigung und unter Verwendung von topologieoptimierten Geometrien ergeben sich neben den Einsparungen in der Fertigung auch neue Potenziale bei der Lifetime-Betrachtung, hinsichtlich der CO₂-Einsparung.

Die Welt ist auch im Bereich der Produktion im Wandel. Das hochmotivierte Team am Fraunhofer IGCV erarbeitet neue Lösungen, damit sich unsere Partner diesem Wandel durch Innovationen anpassen können.

Engineering

Neuartige Al-Ni-Gusslegierungen für Leichtbuanwendungen	12
Entwurf von nachhaltigen Composite-Bauteilen auf Knopfdruck	13
Strukturdesign trifft Composite-Fertigung	14
Sensorintegration als Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion	15
Hochleistungsfähige Tapes aus recycelten Carbonfasern für den Leichtbau	16
Additive Fertigung als Enabler für die Kernfusion	17
Digitale Fabrikplanung mit BIM und Augmented Reality	18
Best-Practice: Digitale Fabrikplanung	19



Neuartige Al-Ni-Gusslegierungen für Leichtbauanwendungen

Für Anwendungen bei höheren Temperaturen und Belastungen wurden neuartige Aluminiumlegierungen entwickelt. Dabei konnten die gießtechnische Verarbeitbarkeit und gute mechanische Eigenschaften nachgewiesen sowie erste Analysen der Materialeigenschaften durchgeführt werden.

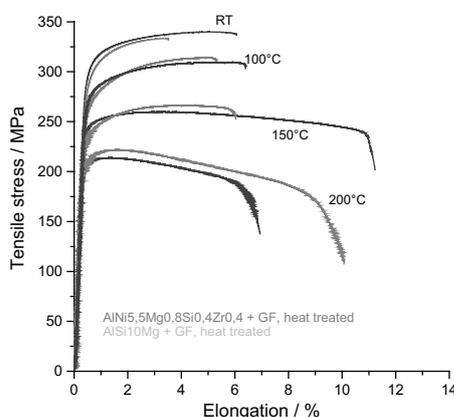
Im Rahmen des Fraunhofer-Programms MAVO forschten die Institute ILT, IWM und IGCV an der Entwicklung neuartiger warmfester Leichtbaulegierungen. Der Fokus richtete sich dabei auf Aluminium-Nickel-Legierungen, welche aufgrund ihrer nah-eutektischen Zusammensetzung sowohl mittels additiver als auch gießtechnischer Fertigung prozesssicher herstellbar sein sollten. Während die grundlegende Legierungsentwicklung mittels thermodynamischer Simulationen zur Ausbildung der Phasen und eines innovativen Legierungsscreenings (Rapid Alloy Development) bei den Partnerinstituten erfolgte, konzentrierte sich das Fraunhofer IGCV auf die Entwicklung, Erprobung und Charakterisierung der Gusslegierungen.

In der Frühphase dienten Sandgießversuche zur grundlegenden Sicherstellung der Gießbarkeit, während umfangreiche Kokillengießversuche zur Ermittlung des Einflusses von Legierungselementen, Schmelzebehandlung und anschließender Wärmebehandlung erfolgten. Die Legierungsvarianten wurden werkstoffkundlich analysiert und bewertet. Die thermophysikalischen Eigenschaften wurden mittels simultaner thermischer Analyse (STA), einer Kopplung von dynamischer Differenzkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrie (TG), ermittelt. Anhand der STA wurde ein numerisches Modell zur Gießprozesssimulation erstellt, das wiederum mit Versuchsdaten kalibriert und validiert werden konnte.

Aus den untersuchten Legierungsvarianten kristallisierten sich die Legierungen AlNi5, 5Mg0, 8Si0,4 und AlNi5, 5Mg0, 8Si0, 4Zr0,4 als Favoriten heraus:

- Fließ- und Formfülleigenschaften grundlegend mit AlSi-Legierungen vergleichbar
- signifikante Verbesserung von Struktur und Eigenschaften durch Kornfeinung
- Wärmebehandlung liefert deutliche Erhöhung der Kennwerte bei weiterhin akzeptabler Duktilität
- gute bis sehr gute Festigkeit, auch im höheren Temperaturbereich
 - $R_{m,RT} \approx 335 \text{ MPa}$ $R_{p0,2,RT} \approx 300 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{B,RT} \approx 4 \%$
 - $R_{m,200^\circ\text{C}} \approx 220 \text{ MPa}$ $R_{p0,2,200^\circ\text{C}} \approx 210 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{B,200^\circ\text{C}} \approx 8,5 \%$

Offen gebliebene Fragestellungen betreffen unter anderem die Verbesserung der Erstarrungseigenschaften (Lunkerneigung) als auch die genaue Untersuchung und Anpassung der Wärmebehandlungsparameter. Ferner sind weiterführende Analysen des Werkstoffverhaltens, etwa der Korrosionseigenschaften und des Verhaltens unter dynamischer Last, von Interesse.



Mechanische Eigenschaften der entwickelten Legierungen bei RT und bis 200°C

Kontakt

Dr.-Ing. Manuel Pintore
 Wiss. Mitarbeiter
 »Gießverfahren und Werkstoffe«
 Tel. +49 89 350946-126
 manuel.pintore@
 igcv.fraunhofer.de

Entwurf von nachhaltigen Composite-Bauteilen auf Knopfdruck

Mittels graphenbasierter Entwurfssprachen werden automatisch Bauteilvarianten mit unterschiedlichen Ausprägungen entlang des Lebenszyklus erzeugt. Angebundene Bewertungsmodule ermöglichen die Identifikation des besten Entwurfs nach Umweltwirkungen, Kosten und Potenzial.

Durch die Gewichtsreduktion ermöglichen Leichtbaustrukturen aus Composite zwar Treibstoffeinsparungen in der Nutzung, sind in der Produktion jedoch oft mit hohen Kosten und Treibhausgasemissionen verbunden. Nachhaltige Produkte erfordern ganzheitliche Ansätze entlang des Produktlebenszyklus. Eine Berücksichtigung der Kosten und Umweltwirkungen in der Designphase ermöglicht signifikante ökologische und ökonomische Einsparungen über den gesamten Lebensweg der Struktur.



Erstflug des Volocopter, viersitziges Fluggerät VoloConnect

Das Fraunhofer IGCV demonstrierte diesen Ansatz im Projekt BTfly am Beispiel einer Luftfahrtstruktur eines Flugtaxis der Volocopter GmbH. Mittels graphenbasierter Entwurfssprache konnte eine automatische Variantengenerierung der Struktur erzeugt werden. Die Kopplung mit Modulen zur Bewertung von Umweltwirkungen und Kosten erlaubte die anschließende Auswahl der nachhaltigsten Variante.

Im Entwurfsgraphen kann das bestehende Expertenwissen zur Auslegung und Produktion von Composite-Strukturen abgebildet werden. Es lassen sich unter Variation von Design-Prinzipien, Material und Produktionsrouten verschiedene Konzeptvarianten entwerfen. Durch die Anbindung an eine Simulationssoftware können die Konzeptvarianten automatisch, ausgehend von benötigten mechanischen Eigenschaften, iterativ optimiert und umfangreiche Kennwerte zu Design (Geometrie, Material, Gewicht) sowie Prozessen (Prozessroute, -zeiten, -verschnitte) berechnet werden.

Gleichzeitig werden in Modulen, die auf Datensätzen zu Ökobilanzierung und Kosten des Fraunhofer IGCV und kommerziellen Anbietern basieren, mögliche Produktionsrouten, die Nutzung und das Lebensende der Struktur abgebildet. Durch die Übergabe der Kennzahlen an den Entwurfsgraphen können letztendlich Kosten und Umweltwirkungen aller erzeugten Varianten bestimmt und bewertet werden. Ein Netzdiagramm ermöglicht final eine Variantenübersicht zur Identifikation von Entwurfskonzepten mit einem Optimum von Kosten, Umweltwirkungen und Leichtbaupotenzial.

Dieser Ansatz ermöglicht es Experten fachübergreifend und ohne großen manuellen Engineering-Aufwand, zahlreiche unterschiedliche Produktvarianten schnell zu erstellen und nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu bewerten.

Kontakt

Dr. Marion Früchtl
Querschnittskompetenz
»Biologische Transformation«
Tel. +49 821 90678-126
marion.fruechtl@
igcv.fraunhofer.de

Aljoscha Hieronymus, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-264
aljoscha.hieronymus@
igcv.fraunhofer.de

Maximilian Holland, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Online-Prozessmonitoring«
Tel. +49 821 90678-268
maximilian.holland@
igcv.fraunhofer.de

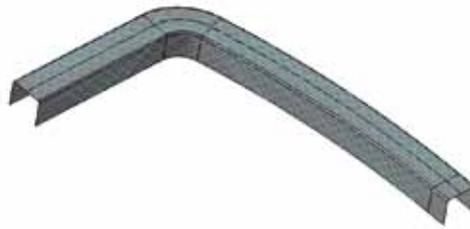
Strukturdesign trifft Composite-Fertigung

Entwurfssprachen ermöglichen eine automatisierte Entwicklung und Bewertung von Strukturbauteilen. Am Fraunhofer IGCV werden zu diesem Zweck digitale Modelle der Einzelteilerfertigung und ganzer Produktionssysteme für Helikopter erstellt.

An der Entwicklung von Helikopter-Strukturbauteilen wirken viele verschiedene Fachdisziplinen mit. Spezialist:innen aus Konstruktion, Berechnung, Prozessingenieurwesen und Fabrikplanung bringen ihre Expertise ein, damit moderne Luftfahrzeuge effizient und sicher fliegen. Zur Verknüpfung der Entwicklungs- und Planungsschritte entwickelt das Fraunhofer IGCV im Projekt COBAIN wissensbasierte, digitale Modelle (»Entwurfssprachen«). Zum Konsortium gehören das Fraunhofer IAIS und IFAM, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Universität Stuttgart, die ILS Ingenieurgesellschaft für Intelligente Lösungen und Systeme mbH sowie Airbus Helicopters. Das Ziel ist eine durchgehend automatisierte Entwicklung und Bewertung von Design- und Produktionskonzepten für Helikopter.

Das Fraunhofer IGCV zeichnet im Konsortium für die Planung und Bewertung von Einzelteilerfertigungsprozessen für Strukturbauteile verantwortlich. Einen Schwerpunkt bildet dabei das Verfahren Automated Fiber Placement (AFP). Für eine möglichst präzise Abschätzung der Dauer und Kosten des Legeprozesses wird das Roboterprogramm für den AFP-Prozess automatisiert erstellt und analysiert. Eine zentrale Rolle spielt die regelbasierte Konstruktion von Führungslinien (Guide Curves) auf der Bauteiloberfläche, deren Länge den Fahrweg der Anlage und damit die Legezeit wesentlich bestimmt.

Darüber hinaus ist das Fraunhofer IGCV federführend bei der Integration verschiedener



Helikopter-Spant mit automatisch generierten Führungslinien (blau) für die Bahnplanung der AFP-Anlage. Diese stellen einen wichtigen Zwischenschritt für die automatisierte Anlagenprogrammierung dar.

Produktionsplanungs-Modelle anderer Projektpartner in ein digitales Produktionssystem.

Dieses System umfasst neben Lege-, Aushärte- und Nachbearbeitungsprozessen der Einzelteile auch Klebe- und Nietprozesse für die Montage. Vom Fraunhofer IAIS wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem Ressourcen wie Arbeitsplätze, Anlagen und Mitarbeiter optimal ausgelastet und der bestmögliche Produktionsablauf errechnet werden kann.

Im letzten Drittel des Projekts werden bis 2023 die eingesetzten Prozessmodelle validiert. Dazu gehört auch ein praktischer Legeversuch mit automatisiert generiertem Robotercode an einer AFP-Anlage. COBAIN bildet für das Fraunhofer IGCV einen wertvollen digitalen Baukasten für die Prozessentwicklung und Produktionsplanung in der Fertigung von Strukturbauteilen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen für die Luft- und Raumfahrt.

Kontakt

Maximilian Holland, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Online-Prozessmonitoring«
Tel. +49 821 90678-268
maximilian.holland@
igcv.fraunhofer.de

Christian Linder, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Online-Prozessmonitoring«
Tel. +49 821 90678-249
christian.linder@
igcv.fraunhofer.de

Julian Schuster, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Fiber Placement &
Composite Moulding«
Tel. +49 821 90678-265
julian.schuster@
igcv.fraunhofer.de

Sensorintegration als Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion

Durch Integration von Sensoren und Fertigung von Bauteilen in innovativen CFK-Fertigungsverfahren leistet das Fraunhofer IGCV einen Beitrag, um Exoskelette in Zukunft besser an die Bedürfnisse von Lasten tragenden Personen anzupassen und den Komfort bei der Bedienung zu erhöhen.



Fertigung einer CFK-Struktur mithilfe von Fiber Patch Placement

Unterstützende Exoskelette leisten einen wichtigen Beitrag zum Schutz der Gesundheit von Mitarbeitenden in körperlich belastenden Berufen in der Produktion und Logistik. Durch die Integration von Sensoren in mehreren Bereichen des Exoskeletts können Informationen über die Belastungssituation der Tragenden gesammelt werden, die einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung des Systems leisten. Die Verwendung von CFK-Strukturen für unterstützende Systeme, wie Exoskelette oder auch in medizinischen Anwendungen (z.B. Prothesen und Orthesen), birgt aufgrund der im Vergleich mit konventionellen Werkstoffen wie Aluminium oder Stahl überlegenen Materialeigenschaften erhebliche Vorteile im Hinblick auf Leichtbau und Belastbarkeit. In Kooperation mit dem Fraunhofer IGCV wird auf Basis eines Funktionsdemonstrators ein Sensornetz entwickelt, das die Grundlage für eine automatische Anpassung des Systems bietet. Zudem werden Möglichkeiten für großserientaugliche Prozesse untersucht, die eine kostengünstige Integration von Sensoren in Strukturen aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) ermöglichen. Es wird eine

Wissensbasis geschaffen, die eine datengetriebene Anpassung der CFK-Struktur und der Regelung des Exoskeletts anhand realer Einsatzbedingungen möglich macht. Durch die nutzerspezifische Einstellung der Betriebsparameter können die Systeme an die individuellen Anforderungen der Tragenden angepasst werden, wodurch der Trage- und Bedienkomfort sowie die Effizienz des Systems verbessert wird.

Die integrierten Sensoren liefern Messwerte mit hoher Genauigkeit, sodass keine aufwendige nachträgliche Instrumentierung des Systems durchgeführt werden muss. Moderne Fertigungsverfahren wie das Fiber Patch Placement (FPP) ermöglichen eine automatisierte Herstellung der Bauteile und Integration der Sensoren. Dies erlaubt es, eine lastpfadgerechte, gewachsene Struktur mittels einzelner CFK-Streifen herzustellen. Ziel ist es, ein Netzwerk von Sensoren um das Exoskelett aufzubauen, welches einen Einsatz des Systems im Internet of Things (IoT) ermöglicht, indem das Gerät den Zustand der Lasten tragenden Person genau bestimmt und bestmöglich mit der Umgebung interagiert.

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Florian
Jennemann
Wiss. Mitarbeiter
»Fiber Placement &
Composite Molding«
Tel. +49 821 90678-248
florian.jennemann@
igcv.fraunhofer.de

Hochleistungsfähige Tapes aus recycelten Carbonfasern für den Leichtbau

Ziele des Projekts »Infinity« sind der Aufbau und die Etablierung eines nachhaltigen Verfahrenskreislaufs für kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe. Durch die optimale Ausnutzung der Eigenschaften der recycelten Carbonfasern (rCF) trägt das Vorhaben signifikant zur Treibhausgasreduktion im Leichtbau bei. Hierfür kommen neuartige Recyclingtechnologien und Verarbeitungsmethoden zum Einsatz.

Der Einsatz carbonfaserverstärkter Kunststoffe und eine damit verbundene Materialeffizienz gegenüber metallischen Werkstoffen spielt im Leichtbau eine wesentliche Rolle. Die Herstellung von neuen Carbonfasern basiert aber auf fossilen Rohstoffen und ist sehr energieintensiv und ineffizient im Umgang mit Ressourcen. Daher ist die einmalige Verwendung dieser Verstärkungsfaser in einem hohen Maße klimaschädlich und umweltbelastend.

Das muss nicht sein: Im Projekt »Infinity« etablieren wir einen nachhaltigen Verfahrenskreislauf für Carbonfaserverbundmaterialien. Es wird ein effizientes und faserschonendes Recyclingverfahren von Carbonfasern realisiert, das aus dieser hochwertigen Ressource wieder ein Halbzeug für eine High-Performance-Anwendung liefern kann. Am Anfang steht eine innovative Art der Pyrolyse, welche neben der Nutzung hochwertiger rCF zusätzlich erstmals ein stoffliches Recycling des erzeugten Pyrolyseöls ermöglicht. Die durch das Verfahren gewonnenen Fasern werden nach der Trennung von Fasern und Matrix in einem modifizierten textilen Krepelprozess aufbereitet und in einem nachgeschalteten Prozess zu hochorientierten rCF-Tapes weiterverarbeitet.

Durch die Verwendung verschiedener Fiber-Placement-Technologien können diese hochorientierten rCF-Tapes lastpfadgerecht abgelegt werden, um so auch in anspruchsvollen Bereichen wie etwa der Luft- und Raumfahrt

Anwendung zu finden. Darüber hinaus kann mit dem rCF-Tape aufgrund seiner diskontinuierlichen Faserstruktur eine sehr hohe Drapierbarkeit bis hin zu einer Tiefziehfähigkeit/Fließfähigkeit erreicht werden. Außerdem besteht die Möglichkeit zur Realisierung enger Legeradien (Steering), die – nach heutigem Stand der Technik – mit unidirektionalen Materialien nicht möglich sind. Im Direktspritzgussverfahren werden die rCF-Tapes zusätzlich funktionalisiert, indem recycelte Carbonfasern als Verstärkungsphase eingesetzt werden. Durch die Anwendung des physikalischen Schäumens erhält das Bauteil noch eine weitere Funktionalisierung. So stellt dieses Material das denkbar hochwertigste Recycling-Ergebnis für CFK-Bauteile auf Faserebene dar und ist den gegenwärtig eingesetzten Verwertungsmethoden wie der Sondermüllverbrennung oder der Verwertung als klassische rCF-Vliesstoffe weit überlegen.

Weiter wird das faserschonende Recyclingverfahren mittels eines thermoplastisch strukturellen Bauteils aus dem Luftfahrtbereich dargestellt, anhand dessen auch die Materialsubstitution gezeigt werden kann. Durch die Erstellung einer Ökobilanz wird zudem das CO₂-Einsparpotenzial bei der Faser-Separation, bei der Herstellung des Bauteils und bei dessen Funktionalisierung aufgezeigt. Selbstverständlich ist das Verfahren nicht auf den Luftfahrtbereich limitiert, sondern wird explizit auf alle Leichtbaubereiche (Automobil-, Windkraft und Sportbereich) transferiert.



Förderer und Partner

Kontakt

Julian Theiss, B.Eng.
Wiss. Mitarbeiter
»Recycling von Composites«
Tel. +49 821 90678-258
julian.theiss@
igcv.fraunhofer.de

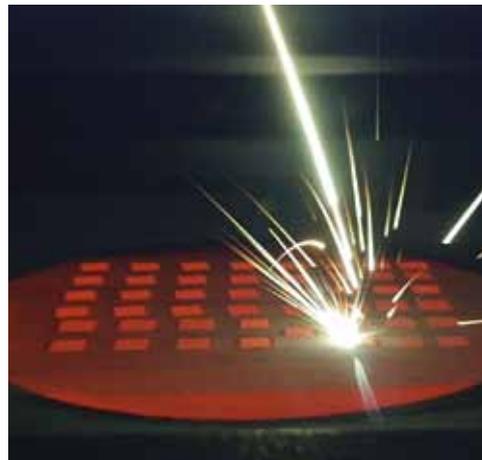
Additive Fertigung als Enabler für die Kernfusion

Energiegewinnung durch Kernfusion ermöglicht die Nutzung einer sicheren, nachhaltigen und unerschöpflichen Energiequelle und bietet damit enormes Potenzial für die Menschheit. Die Additive Fertigung kann dabei eine entscheidende Rolle in der technischen Umsetzung von Kernfusionsreaktoren spielen.

Im Kernfusionsreaktor liegt während der Kernfusion ein Plasma mit einer Temperatur von bis zu 100 Millionen Grad Celsius vor. Dieses Plasma kann in Anlagen vom sogenannten Tokamak-Typ unter gewissen Umständen instabil und damit schwer zu kontrollieren sein. Um den Kernfusionsreaktor und entsprechende Anlagenkomponenten vor dem Plasma schützen zu können, benötigt man für die dem Plasma zugewandten Komponenten spezielle Schutzmaterialien, welche als sogenannte Plasma-Facing-Materials (PFM) bekannt sind. Die technische Umsetzung dieser Komponenten ist eine der großen Herausforderungen bei der Entwicklung und Auslegung von Kernfusionsreaktoren.

Ein sehr aussichtsreicher Ansatz ist es, in zukünftig betriebenen Fusionskraftwerken Wolfram (W) als Schutzmaterial einzusetzen. Die Werkstoffeigenschaften von Wolfram wurden in vergangenen Untersuchungen als vielversprechend für diesen Einsatzzweck erachtet. Wolfram besitzt einen hohen Schmelzpunkt, eine hohe Energieschwelle für die unerwünschte Kathodenzerstäubung und zudem eine geringe Rückhaltung von Wasserstoffisotopen, die den Brennstoff für die Fusionsreaktionen darstellen. Da Wolfram jedoch zugleich ein sehr harter und spröder Werkstoff ist, gestaltet sich eine konventionelle Fertigung der gewünschten Komponenten als schwierig.

Die Additive Fertigung bietet die Möglichkeit für eine Verarbeitung von Wolfram zur



Laser-Strahlschmelzen mit Hochtemperaturheizung

Erzeugung von komplexen Strukturen. Durch Laser-Strahlschmelzen (PBF-LB) wird das Pulver über den Energieeintrag eines Laserstrahls verschmolzen und das Bauteil so Schicht für Schicht aufgebaut.

Zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) werden im Additive Manufacturing Laboratory (AMLab) am Fraunhofer IGCV die Weichen für eine erfolgreiche Wolframverarbeitung gelegt. Besonders im Fokus derzeitiger Untersuchungen steht die rissfreie Fertigung von numerisch optimierten Gitterstrukturen, unter der Verwendung eines induktiven Heizsystems, wodurch die Bauplatte auf eine Temperatur von bis zu 800 Grad Celsius geheizt werden kann. Diese Hochtemperaturheizung bewirkt eine Verringerung der Rissbildung im Wolfram.

Kontakt

Thomas Bareth, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Additive Fertigung –
Werkstoffe und
Prozessentwicklung«
Tel. +49 821 90678-314
thomas.bareth@
igcv.fraunhofer.de

Digitale Fabrikplanung mit BIM und Augmented Reality

Die Erstellung eines zentralen, digitalen Modells soll die Aufwände für Datenbeschaffung und Abstimmungen im Rahmen der Fabrikplanung reduzieren. Um die Planungsqualität und -transparenz zu erhöhen, werden Fabrikdaten aus einem BIM-Modell mittels Augmented Reality auf dem Shopfloor visualisiert.

Produzierende Unternehmen sehen sich zunehmend mit dynamischen Märkten und gleichzeitig hohem Wettbewerbsdruck konfrontiert. Um in diesem Umfeld zu bestehen, müssen sich insbesondere mittelständische Unternehmen schnell an geänderte Randbedingungen anpassen. Aus diesem Grund wird die Fabrikplanung zunehmend zu einem kontinuierlichen Prozess. Bei den dabei erforderlichen Änderungen auf Prozess-, System- oder Gebäudeebene wird aktuell etwa die Hälfte der Zeit für die Datenbeschaffung und -aufbereitung verwendet. Dies resultiert maßgeblich aus zwei Faktoren: Zum einen erfüllen heute nur wenige Unternehmen die digitalen Voraussetzungen im Bereich Bestandsdatendokumentation und -pflege. Zum anderen sorgen neue Technologien häufig für Schnittstellenproblematiken mit bestehenden Systemen.

Um eine kontinuierliche Fabrikplanung effizienter und transparenter zu gestalten, verbindet das Forschungsprojekt ARBIM4Factory Augmented Reality (AR) mit Building Information Modeling (BIM). Durch die Planung mit intelligenten, digitalen Gebäudemodellen erhöht BIM die Planungsqualität und -transparenz in Bauprojekten. Dieser Ansatz soll durch Elemente der Fabrikplanung erweitert werden. Die dabei entstehende zentrale Datenhaltung ermöglicht die fachbereichsübergreifende und gemeinschaftliche Fabrikplanung, da die Gebäude- und Produktionsdaten direkt im BIM-Modell hinterlegt und aus anderen Systemen referenziert werden können. Die



Darstellungskonzept zur Anzeige verfügbarer Starkstromanschlüsse

so strukturierten Daten können anschließend fachgerecht und rollenspezifisch aufbereitet und in situ mithilfe von AR visualisiert werden, sodass eine leichte Zugänglichkeit für alle im Planungsprozess beteiligten Personen gewährleistet ist. Durch einen entsprechenden Rollenfilter können zudem auch nicht am Planungsprojekt beteiligte Personen die für sie relevanten und freigegebenen Daten einsehen und nutzen.

Die zentrale Datengrundlage auf Basis eines BIM-Modells ermöglicht in Kombination mit AR eine intuitive Visualisierung von aktuellen Fabrikdaten. Planungsstände verschiedener Fachbereiche werden so für alle Beteiligten greifbar.

Kontakt

Julian Böck, B.Sc.
Techn. Mitarbeiter
»Kollaborative
Fabrikplanung«
Tel. +49 821 90678-180
julian.boeck@
igcv.fraunhofer.de

Reinhard Zeiser, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-151
reinhard.zeiser@
igcv.fraunhofer.de

Best-Practice: Digitale Fabrikplanung

Die digitale Fabrikplanung von der Punktwolke bis zum detaillierten und attribuierten 3D-Modell kann die Terminalsicherheit in Projekten erheblich erhöhen und das Ressourcenmanagement verbessern.



Von der Punktwolke zum digitalen Fabrikmodell

Die J.N. Eberle & Cie. GmbH ist ein Augsburger Unternehmen, das bereits seit 1836 im metallverarbeitenden Gewerbe tätig ist. Am Standort Pfersee werden auf mittlerweile fast 40.000 Quadratmetern Sägebänder, Präzisions- und Bimetallbandstahl mit einem hohen Eigenfertigungsanteil produziert. Durch die gute Auftragslage und eine historisch immer weiter gewachsene Produktion wurde die Fabrik neu strukturiert, sodass Teile der Sägen-Fertigung an einen neuen Standort ausgelagert werden mussten. Um die hohe Nachfrage bedienen zu können, galt es, den Produktionsausfall zu minimieren und den wirklichen Umzug des Fertigungsbereichs innerhalb der kürzest möglichen Zeit zu bewerkstelligen. Gleichzeitig waren die intern für den Umzug zu Verfügung stehenden Personalressourcen sehr begrenzt und mussten zeitlich gut abgestimmt werden.

Um die Terminalsicherheit vom Umzug bis zum Wiederhochlaufen der Produktion zu maximieren, wurde im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen der J.N. Eberle & Cie. GmbH und dem Fraunhofer IGCV die neue Sägen-Fertigung »auf den letzten Versorgungsmeter

genau« geplant. Hierfür wurden im ersten Schritt sämtliche umzuziehenden Produktionsanlagen der Sägen-Fertigung mit einem NavVis VLX durch das Fraunhofer IGCV digitalisiert. Aus den Punktwolken der Anlagen wurden 3D-Modelle mit den entsprechenden Medienver- und -entsorgungspunkten erstellt und an die Konstruktion der J.N. Eberle & Cie. GmbH übergeben. Vorher vereinbarte Farbgebungen machten eine Unterscheidung zwischen den Medien, beispielsweise Druckluft, Strom, Wasser oder Öl, auch in Konstruktionssoftwaretools wie Autodesk Inventor möglich.

Aufbauend auf diesen Modellen konnte die Eberle-Konstruktion das komplette Ver- und Entsorgungssystem bis auf den letzten Meter zur Anlage planen, die notwendigen Materialien frühzeitig beschaffen und größtenteils schon vor dem eigentlichen Umzug montieren. Dadurch konnte die Installation des Systems vor Ort direkt nach Anlageneinzug in der neuen Fertigungshalle erfolgen, der sehr straff geplante Terminplan konnte gehalten und der notwendige Einsatz der Personalressourcen frühzeitig transparent geplant werden.

Kontakt

Thomas Neuhäuser, M.Sc.
Gruppenleiter
»Kollaborative
Fabrikplanung«
Tel. +49 821 90678-239
thomas.neuhaeuser@
igcv.fraunhofer.de

Produktion

Additive Herstellung von Bauteil-Gussformen für Offshore-Windkraftanlagen	21
Schlickerbasierter 3D-Druck von sinterfähigen Gießkernen	22
Steuerung der lokalen Binder-Konzentration im Binder Jetting	23
Liquid-Metal-Printing: Neue Technologie für die Additive Fertigung	24
Additive Fertigung filigranter Kupferteile mit grünem Laser	25
Sekundär-Aluminium im Formguss	26
Bionische Greiferstrukturen zur Handhabung und Reinigung von Bauteilen	27
Entwicklung eines eigenschaftsgeregelten Reckschmiedeprozesses	28
Hochsteife antistatische Composite-Leitungssysteme	29
Multikriterielle Bewertung von rCFK-Prozessrouten	30
Digitalisierung in der Batteriematerial- und Batteriezellenproduktion	31
Battery-Makerspaces: Flexible Plattform zur Zell- und Speicherentwicklung	32
Energiekosten und Treibhausgasemissionen mit Wasserstoff senken	33
Innovative Betriebsstrategien und Services für energieflexible Fabriken ..	34



Additive Herstellung von Bauteil-Gussformen für Offshore-Windkraftanlagen

In einem Gemeinschaftsprojekt mit den Projektpartnern GE Renewables GmbH und voxeljet AG wird der weltweit größte 3D-Drucker für das Sanddruckverfahren entwickelt. Mit diesem werden Gussformen für die Bauteile der größten Offshore-Windkraftanlagen, wie der Haliade-X der Firma GE Renewables, gedruckt.



Abgussversuch mit Eisen in Gussform aus schwarzem Recycling-Sand am Fraunhofer IGCV Giesserei-Technikum in Garching

Zur Kraftübertragung werden in den Gondeln von Windkraftanlagen (WKA) große Bauteile aus Gusseisen verwendet. Die Formen für den Guss dieser Bauteile werden von Hand und mithilfe von Modellen aus Holz hergestellt. Dieser Prozess ist arbeitsintensiv und bringt die Arbeitskräfte in engen Kontakt mit gesundheitsschädlichen Bindemitteln und Formstoffen.

Eine Alternative stellt die additive Herstellung der Gussform mithilfe des Sanddruckverfahrens dar. Der größte am Markt existierende 3D-Drucker, die VX4000 der voxeljet AG, hat jedoch nur einen Bauraum von vier mal zwei Metern. Die in Vorversuchen gedruckten Gussformen für WKA-Bauteile in Originalgröße mussten deshalb aus einer Vielzahl von Einzelteilen zusammengesetzt werden. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands, der Fehleranfälligkeit und der hohen Anzahl der an den Formteilungen entstehenden Gussgrate ist dieses Vorgehen für die Serienproduktion jedoch ungeeignet.

Das Ziel des Gemeinschaftsprojekts mit voxeljet AG und GE Renewables GmbH ist deshalb, einen Sanddrucker zu entwickeln, der Formscheiben für größere Gussformen erstellen kann. Diese müssen groß genug sein, um ein Zusammensetzen der bis zu acht mal acht Meter großen und 400 Tonnen schweren Gussform aus nur wenigen vollständigen Formscheiben mit je etwa einem Meter Höhe zu ermöglichen.

Das Fraunhofer IGCV unterstützt die Firma voxeljet AG bei dem Projekt wissenschaftlich, da sich aus der Skalierung des Prozesses eine Reihe von material- und prozesstechnischen Neuerungen ergeben. So ist es beispielweise aufgrund der sehr großen Materialmengen von einigen hundert Tonnen Formsand pro Gussform notwendig, Recycling-Sand für den 3D-Druck zu verwenden. Zusätzlich werden Systeme für die Online-Prozessüberwachung des Druckprozesses entwickelt.

Kontakt

Dipl.-Ing. Dominik Rumschöttel
Wiss. Mitarbeiter
»Formverfahren und Formstoffe«
Tel. +49 89 350 946-132
dominik.rumschoettel@igcv.fraunhofer.de

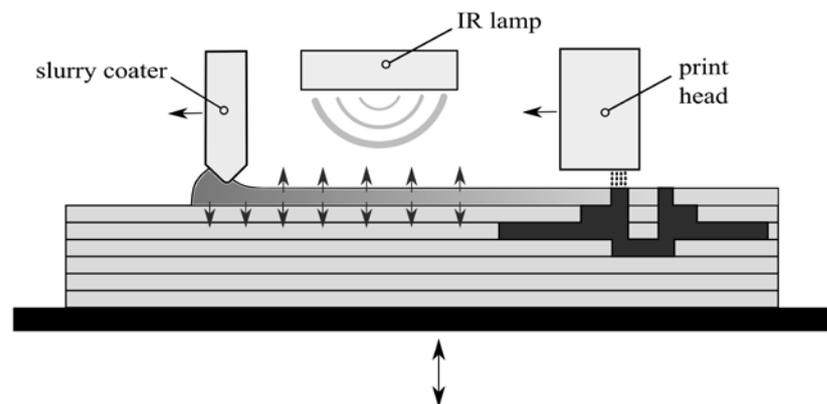
Schlickerbasierter 3D-Druck von sinterfähigen Gießkernen

Der 3D-Druck ermöglicht die effiziente Herstellung von Gießkernen, deren Gestaltung innenliegender Konturen in Gussbauteilen konventionell Grenzen gesetzt sind. Über einen schlickerbasierten Pulverauftrag können filigrane, mechanisch stabile und hochtemperaturbeständige Gießkerne hoher Oberflächengüte realisiert werden.

Beim konventionellen 3D-Druck von Gießkernen wird fließfähiges, trockenes Quarzsandpulver eingesetzt, das im schlickerbasierten 3D-Druck durch sedimentationsstabilen Keramikschlicker aus feinem Quarzmehl ersetzt wird. In einem eigens entwickelten Teststand können nun dünne Schichten aus der Suspension über einen Slurry-Coater homogen auf das Baufeld aufgetragen, getrocknet und schichtweise mittels Inkjet-Technologie mit Binder bedruckt werden. Am Ende steht ein Grünkörper von sinterfähiger Dichte, der in einem dicht gepackten Pulverkuchen eingebettet ist. Dieser kann nach dem 3D-Druck im Ultraschallbad abgelöst werden. In einem nachfolgenden Sinterprozess können die mechanischen Eigenschaften des Gießkerns eingestellt werden. Die Temperaturbeständigkeit ergibt sich aus der Entbinderung des gedruckten Grünkörpers während der thermischen Behandlung.

Der am Fraunhofer IGCV entwickelte Teststand ermöglicht die zielgerichtete Entwicklung geeigneter 3D-Druck-Prozessparameter. Dem schichtweisen Trocknungsprozess kommt dabei eine besonders hohe Bedeutung zu, da dieser sowohl auf die Prozessperformance als auch auf die Materialeigenschaften wirkt. Die im Teststand implementierte sensorgestützte Regelung der Trocknungsparameter ermöglicht dabei eine maßgeschneiderte Prozessführung.

Es konnte gezeigt werden, dass die Rautiefen schlickerbasiert 3D-gedruckter Prüfkörper im



Verfahrensschema¹

Vergleich zu Sandkernen um etwa 90 Prozent reduziert und die Endfestigkeiten über den Sinterprozess angepasst werden können – für die Endanwendung als Gießkerne wurden 25 Megapascal eingestellt. Die hohe Selektivität des 3D-Druck-Prozesses ermöglicht zudem eine bemerkenswerte Detailgenauigkeit. Diese lässt die Fertigung feinsten Strukturen zu, so beispielsweise das Eindringen von Sollbruchstellen ins Innere hohler Gießkernstrukturen, die das Herausbrechen der Kernstrukturen im Anschluss an den Gießprozess erleichtern.

Über die hohe Prozessperformance des Binder Jettings und die vorteilhaften Materialeigenschaften kann damit eine geeignete Prozesskette zur Integration filigraner, endkonturnaher Kühlkanäle in Gussbauteile in Aussicht gestellt werden.

Kontakt

Patricia Erhard, M.Sc.
Gruppenleiterin
»Formverfahren und
Formstoffe – Materialien
und Prozesse«
Tel. +49 89 350 946-125
patricia.erhard@
igcv.fraunhofer.de

Steuerung der lokalen Binder-Konzentration im Binder Jetting

Im Binder Jetting werden schichtweise Bilder in ein Pulver gedruckt. Der Prozess ist limitiert durch die Schichtstärke, die sowohl die Oberflächengüte als auch die Prozessgeschwindigkeit bestimmt. In einem neuen Verfahren werden graustufige Druckbilder verwendet, um sowohl Prozessgeschwindigkeiten als auch Oberflächenqualität zu steigern.

Am Fraunhofer IGCV wird Binder Jetting für die Herstellung von Formen und Kernen für die Gießertechnik untersucht. Zu Beginn des Prozesses wird eine Schicht Pulverpartikel abgelegt, die glattgezogen und anschließend von einem Druckkopf mit einem Binder bedruckt wird. Dieser Binder sorgt dafür, dass die Partikel miteinander verkleben. Die Bauplatzform mit dem bedruckten Pulver senkt sich daraufhin ab und der Prozess beginnt von vorn. So entsteht eine dreidimensionale Geometrie.

Wie jedes additive Fertigungsverfahren muss sich auch das Binder Jetting der Herausforderung stellen, wirtschaftlich mit konventionellen Prozessen zu konkurrieren. Eine der maßgeblichen Stellgrößen ist die Geschwindigkeit, die wieder wesentlich von der Schichtstärke des Prozesses abhängt. Mit größeren Schichtstärken können Bauteile schneller hergestellt werden, da für die gleiche Bauhöhe weniger Schichten benötigt werden. Mit zunehmender Schichtstärke nimmt allerdings die Oberflächenqualität der Bauteile ab. Hauptverantwortlich ist hier der sogenannte Treppenstufen-Effekt, der nicht nur die Optik, sondern auch die Performance der Bauteile beeinflusst.

Die zuvor angesprochenen gedruckten Schichtbilder sind typischerweise schwarz-weiß und enthalten keine weiteren Informationen, außer der geometrischen Begrenzung der jeweiligen Schicht. Mit der neuartigen Graustufentechnik können nun zusätzliche Informationen an die Maschine übergeben werden, sodass diese auf einem Druckraster von 63,75 Mikrometer punktgenau die benötigte Bindermenge steuern kann. Mit dem gewonnenen Verständnis der Binder-Wanderung im Pulver, die direkt mit der verfügbaren Menge an Binder zusammenhängt, kann eine Geometrie »zwischen den Schichten« gedruckt werden. Anstatt konventioneller Treppenstufen wird also der reale Übergang von Schicht zu Schicht abgebildet. Dies ermöglicht es, bisher unerreichte Oberflächengüte bei Binder-Jetting-Bauteilen zu erzeugen. Zusätzlich ist die maximale Schichtstärke, die benötigt wird, um Treppenstufen einzugrenzen, deutlich gesteigert. Der Widerspruch zwischen hoher Oberflächengüte und gleichzeitig hoher Prozessgeschwindigkeit ist damit aufgelöst.



Behebung des Treppenstufeneffektes durch geometrieabhängige Binderverteilung: Die konventionellen Treppenstufen (links) können durch eine lokale Steigerung oder Senkung des Binderanteils aufgelöst werden (rechts).

Kontakt

Christoph Hartmann, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Formverfahren und
Formstoffe – Materialien
und Prozesse«
Tel. +49 89 350946-122
christoph.hartmann@
igcv.fraunhofer.de

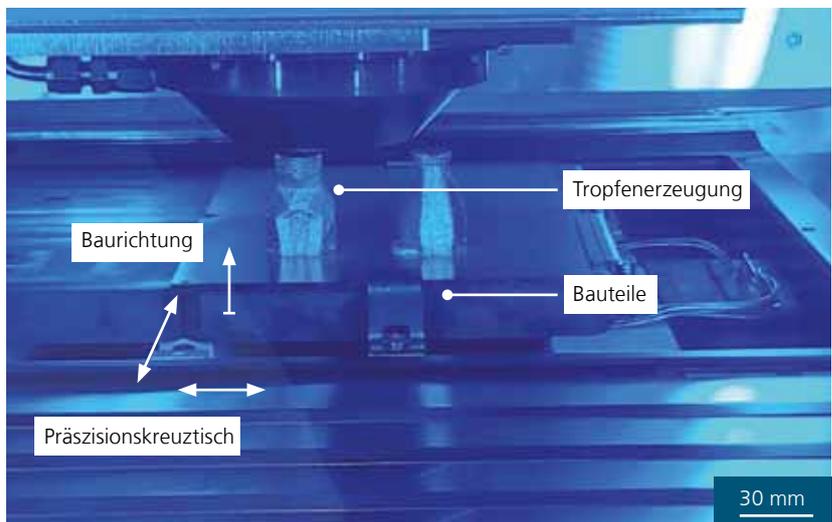
Liquid-Metal-Printing: Neue Technologie für die Additive Fertigung

Das Liquid-Metal-Printing ist eine noch junge, aber vielversprechende Technologie der Additiven Fertigung. Die Besonderheit des Verfahrens ist, dass der Werkstoff in Drahtform zugeführt wird und der Materialauftrag tropfenweise in einem Mikrogießprozess erfolgt.

Das Liquid-Metal-Printing-Verfahren gehört zur Gruppe der metallbasierten additiven Fertigungsverfahren, bei denen Bauteile durch einen sich wiederholenden Materialauftrag schichtweise aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den meisten schweißbasierten Verfahren benötigt das Liquid-Metal-Printing keine Strahlquelle zum Aufschmelzen des Werkstoffs, da das Material geschmolzen und tropfenweise aufgebracht wird. Der Aufbau der Bauteile erfolgt durch den Materialauftrag in Baurichtung in Verbindung mit einem hochpräzisen verfahrenen Kreuztisch. Dadurch sind eine endkonturnahe Fertigung mit einem Tropfendurchmesser zwischen 500 und 750 Mikrometern sowie Auftragsraten von bis zu 400 cm³/h realisierbar. Die wesentlichen Vorteile des Verfahrens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- geringe Fertigungszeiten und hohe Auftragsraten
- geringe thermische Belastungen während der Fertigung
- geringere Rohmaterialkosten (drahtbasiert) als bei pulver- und laserbasierten Verfahren
- breites werkstoffliches Verarbeitungsspektrum

Damit kann die Verarbeitung von Aluminiumlegierungen in der Additiven Fertigung für Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen (zum Beispiel Luft- und Raumfahrt, Mobilität, Energiesektor) entscheidende Innovationspotenziale freisetzen.



Druckprozess von Bauteilen aus einer AlSi12-Legierung

Im Projekt AluWireLMP, das durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert wird, konzentriert sich das Fraunhofer IGCV mit den Projektpartnern der GROB-Werke GmbH & Co. KG (Mindelheim) sowie der Gutmann Aluminium Draht GmbH (Weißenburg) auf die Etablierung und Qualifizierung von neuen, industrierelevanten Aluminiumlegierungen. Im Fokus stehen die systematische Optimierung von Prozessparametern für magnesiumhaltige Aluminiumlegierungen sowie die Bestimmung und Bewertung von Bauteileigenschaften, wie der Bruchdehnung, Streckgrenze oder Zugfestigkeit sowie Dichte und Maßhaltigkeit.

Kontakt

Julia Förster, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiterin
»Additive Fertigung –
Materialauftragende
Prozesse«
Tel. +49 821 90678-321
julia.foerster@
igcv.fraunhofer.de

Additive Fertigung filigranster Kupferteile mit grünem Laser

Im Rahmen einer industriellen Arbeitsgemeinschaft wurden unter Leitung des Fraunhofer IGCV mithilfe eines grünen Lasers Kupferkomponenten mit bisher unerreichter Auflösung produziert – die Basis für Hochleistungs-wärmetauscher und -elektronik der nächsten Generation.

Aufgrund der hohen thermischen und elektrischen Leitfähigkeit spielen Kupfer und Kupferlegierungen für die Umsetzung aktueller Hochtechnologien eine entscheidende Rolle. Von Komponenten für die Elektromobilität sowie Luft- und Raumfahrt bis hin zur Kühlung von Quantencomputern – alle derzeitigen Schlüsseltechnologien sind auf den Werkstoff angewiesen. Das Laser-Strahlschmelzen bietet in diesem Zusammenhang besonderes Innovationspotenzial für die Umsetzung funktionsintegrierter und geometrisch komplexer Bauteile. Der geringe Absorptionsgrad von Kupfer im Wellenlängenbereich der dabei eingesetzten Infrarotlaser führt jedoch zu instabilem Schmelzverhalten und schränkt das Potenzial erheblich ein. Ein neuerdings verfügbarer grüner Laser verspricht aufgrund der höheren Absorptionsrate deutlich robustere Ergebnisse.

Zur Untersuchung seines Potenzials und der Umsetzung eines bisher nicht fertigmachen Kühlkörpers wurde eine Arbeitsgemeinschaft mit technologieführenden Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette gegründet: TRUMPF, Siemens Healthineers, toolcraft und Schmelzmetall. Dabei konnte die stabile Prozessführung bestätigt werden: Unabhängig von Bauteilgröße und -form lassen sich Dichten von mehr als 99,7 Prozent und elektrische Leitfähigkeiten von 100 Prozent IACS erreichen. Optimierungen des Schmelzprozesses ermöglichten außerdem die Herstellung von besonders feinen Geometrie-elementen². Um den Anforderungen hinsichtlich Oberflächengüte gerecht zu werden,



Bauteile nach Endbearbeitung aus CuCr1Zr (links) und Ausschnitt aus Reinkupfer (rechts)

wurden Nachbearbeitungsverfahren miteinander verglichen und eine Gesamtprozesskette qualifiziert³. Gemeinsam mit Bauteilsimulationen wurden die Erkenntnisse genutzt, um das Design des Wärmetauschers kontinuierlich an die Produktionsprozesskette anzupassen. Damit lassen sich auf kleinster Fläche tausend 135 Mikrometer dicke und in Sachen Wärmeübertrag und Strömungsverlusten optimierte Finnen mit definierter Mikro-Rauheitprozesssicher umsetzen.

Kontakt

Max Horn, M.Sc.
Gruppenleiter
»Additive Fertigung –
Implementierung und
Prozessketten«
Tel. +49 821 90678-187
max.horn@
igcv.fraunhofer.de

Sekundär-Aluminium im Formguss

Um die Zukunft des Aluminiums als Gusswerkstoff für hochwertige Bauteile zu sichern, muss die energieintensive Primärmetallgewinnung um ein zirkuläres Modell erweitert werden. Ein Versuch zeigt, dass sortenreine Trennung das Erreichen einer hohen Gussqualität ermöglicht.

Im Jahr 2019 wurden in Deutschland im Formgussbereich 996.100 Tonnen Aluminium verarbeitet. Allein die Herstellung des anteiligen Primärmetalls (43 Prozent) entspricht dem Stromverbrauch von 1,3 Millionen Privathaushalten^{4, 5}.

Energie- und Rohstoffmärkte können auf Großereignisse sehr volatil reagieren. Daher ist es unabdingbar, die Weichen für ein zirkuläres Materialrecycling zu legen und im Formgussbereich zu etablieren. Resiliente Stoffkreisläufe werden mit energie- und ressourcenschonenden Methoden abgestimmt. Ein »cradle-to-cradle«-Ansatz verfolgt das Ziel, Schrotte mit geeigneten Zerlege- und Sortierverfahren einer neuerlichen Anwendung direkt zugänglich zu machen. Dabei wird der CO₂-Fußabdruck um bis zu 95 Prozent reduziert und toxische Prozessprodukte werden komplett vermieden^{6, 7}. Die etablierten Sortierverfahren werden um bildverarbeitende und datenbankgestützte Systeme erweitert. Der Anreiz für Gießereien liegt in den Potenzialen bezüglich CO₂-Effizienz sowie signifikanter Kosteneinsparung.

Im Zuge des Versuchs wurde am Fraunhofer IGCV eine PKW-Felge (EN AC-AlSi7Mg0,3) zusammen mit 30 Prozent Primäraluminium eingeschmolzen und anschließend die Festigkeit der abgegossenen Probekörper bestimmt. Die anhaftende Beschichtung wurde thermisch entfernt und die Schmelze in der Folge nach Industriestandard aufbereitet. Die metallische Ausbeute, bezogen auf den Schrotteinsatz, betrug rund 84 Prozent. Die Proben wurden



»Cradle-to-cradle« – für den Formguss

nach dem Abguss wärmebehandelt, bearbeitet und geprüft. In der folgenden Tabelle sind die Kennwerte des einachsigen Zugversuchs ersichtlich:

	Versuch	Primär	Felge
Rp0,2 [MPa]	206,8	215,5	188,7
Rm [MPa]	292,0	300,5	232,7
A5 [%]	14,3	12,4	3,3

Der Versuch zeigt, dass die Eigenschaften einer größtenteils aus Schrott hergestellten Legierung jenen einer Primärlegierung nahezu gleichwertig sind. Die Prozessroute kann im Hinblick auf Durchsatzmengen beliebig skaliert werden.

Die Zielsetzungen, einerseits die Logistikketten inklusive der Sortiertechniken weiterzuentwickeln und andererseits die Ausbeute des Metalls beim Schmelzvorgang zu erhöhen, müssen in Zeiten von Ressourcen- und Energieknappheit mit größtem Engagement verfolgt werden.

Kontakt

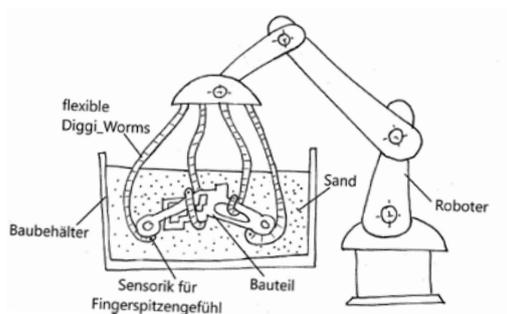
Dipl.-Ing. Robert Kleinhaus
Wiss. Mitarbeiter
»Gießverfahren und
Werkstoffe«
Tel. +49 89 350946-131
robert.kleinhaus@
igcv.fraunhofer.de

Bionische Greiferstrukturen zur Handhabung und Reinigung von Bauteilen

Über in Roboter integrierte Greifarme können Bauteile in einem Bauraum mithilfe von künstlicher Intelligenz gefunden, durch ein eingebundenes System gereinigt und mit den wurmartigen Fingern entnommen werden.

Mit neuen Herstellmethoden ergeben sich neue Möglichkeiten der Bauteilgestaltung. Durch Sandformen und Sandkerne, die im Binder-Jetting-Verfahren hergestellt wurden, können Bauteile komplexe Geometrien annehmen und zusätzliche Anforderungen übernehmen. Die oft filigranen Sandformen und Sandkerne befinden sich nach der Herstellung in einem mit losem Sand gefüllten Sandbett, in welchem automatisiertes Auspacken und Finishing bisher noch nicht möglich sind. Die Herausforderungen bestehen sowohl in der Ortung des Bauteils im losen, nicht mit Bindemittel bedruckten Sand als auch in der Reinigung der komplexen Strukturen sowie der Entnahme aus dem Bauraum.

Mithilfe bionischer Strukturen und künstlicher Intelligenz kann diesen Schwierigkeiten begegnet werden. Nach dem Vorbild wurmartiger Tiere sowie den Fingern der menschlichen Hand wird nun eine bionische Greiferstruktur entwickelt. Um das Bauteil zu finden, orientiert sich der Greifer an CAD-Daten aus der Jobvorbereitung. Da sich die Sandschichten im Bauraum nach unten hin verhärtet, kommt ein pulsierender Druckluftstrahl zum Einsatz. Abwechselnd lockert dieser den Sand und saugt ihn durch Umkehren der Strömungsrichtung ein. Integrierte Druckluftsensoren verleihen den Greiferfingern das sprichwörtliche Fingerspitzengefühl. Durch den segmentierten Aufbau können die Finger das Bauteil umschlingen und anschließend aus dem Bauraum heben. Dabei werden die auftretenden Kräfte permanent überwacht, um das Bauteil vor Schäden zu schützen.



Prinzipische Skizze des Aufbaus wurmartiger Strukturen an fingerähnlichen Robotergreifarmen

Eine Herausforderung bei der Konstruktion ist die Arbeitsumgebung. Die sich im Bauraum befindlichen losen Sandkörner stellen eine Unsicherheit dar, da sie zu erhöhter Reibung zwischen den einzelnen Gliedersegmenten führen und so deren Bewegung behindern können. Um das zu vermeiden, werden die Greiferfinger mit flexiblen Hüllen geschützt.

Zu den weiteren potenziellen künftigen Anwendungsmöglichkeiten zählt unter anderem der Einsatz im Injektorcasting. Durch den feingliedrigen Aufbau kann eine Form auch in verzweigten Eingusskanälen laminar mit Schmelze befüllt werden.

Kontakt

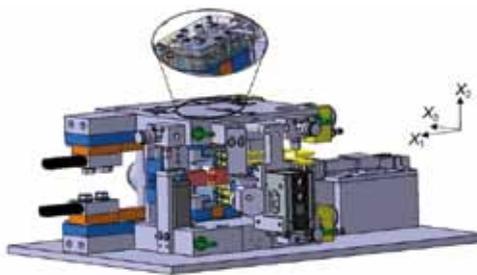
Raphael Burger, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Formverfahren und
Formstoffe«
Tel. +49 89 350946-139
raphael.burger@
igcv.fraunhofer.de

Entwicklung eines eigenschaftsgeregelten Reckschmiedeprozesses

Das Vorhaben Reckschmieden des Schwerpunktprogramms 2183, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), beschäftigt sich mit der Vorhersage der Mikrostrukturentwicklung im Werkstück auf Basis von Level-Set-Formulierungen und rekurrenten neuronalen Netzen (Softsensor), mit der Echtzeit Co-Simulation des Sensors sowie mit der praktischen Realisierung und Untersuchung der Eigenschaftsregelung des Schmiedeprozesses.

Die in Düsentriebwerken verwendeten Werkstoffe müssen aufgrund der vorherrschenden mechanischen Belastungen und hohen Temperaturen von bis zu 2.000 Grad Celsius besonders spezifische Anforderungen erfüllen. Beispielsweise werden Turbinenblätter aus globularisierten Titanaluminid-Legierungen gefertigt, um geforderte Ermüdungs- und Kriechfestigkeiten der technischen Bauteilauslegung realisieren zu können. Bei üblichen Gesenkschmiedeprozessen sind hohe Umformgrade im gesamten Bauteil bei gleichzeitig geringer Werkstoffausnutzung in den Werkstoff einzubringen, um die Mikrostrukturumwandlung des lamellaren Ausgangsgefüges zu einem globularisierten Gefüge sicherzustellen.

Der neuartige Forschungsansatz verfolgt das Ziel der Integration weiterer Freiheitsgrade durch die Implementierung eines vorgelagerten Reckschmiedeprozesses. Damit besteht die Möglichkeit, örtlich aufgelöst ein homogenes globularisiertes Gefüge auszubilden. Freiheitsgrade wie die Dehnrate oder die Prozesstemperatur ermöglichen eine Regelung der eigenschaftsbestimmenden Globularisierungskinetik in Abhängigkeit vorhandener inhomogener Werkstoffeigenschaften des Gussausgangsgefüges sowie weiterer wirkendender Prozessgrößen, wie Reib- und Wärmeübergangsbedingungen. Die Regelung basiert auf einem anhand einer FE-Simulation trainierten, rekurrenten neuronalen Netz, welches in Form eines Softsensors agiert. In Verbindung mit



Schmiedewerkzeug zur lokalen Umformung des Werkstoffgefüges

einer Level-Set-Formulierung besteht somit die Möglichkeit, eine Vorhersage der Abweichung des Zero-Level-Sets von der Referenztrajektorie als Funktion von Stell- und Störgrößen bezüglich der Mikrostrukturentwicklung im Werkstück zu treffen.

An einem Demonstratorbauteil, welches als Halbzeug einer Turbinenschaufel anzusehen ist, erfolgt die exemplarische Umsetzung des Vorhabens. Die finale Formgebung des Schmiedebauteils wird durch einen nachgelagerten Gesenkschmiedeprozesses realisiert. Der Versuchsaufbau besteht aus dem visualisierten Reckschmiedewerkzeug, einer zusätzlichen Anlagensteuerung, diversen Sensoren und Aktoren sowie einer leistungsstarken Gleichstromquelle, die der Bauteiltemperierung dient.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Markus
Bambach
Leitung
»Künstliche Intelligenz in
der Produktion«
Tel. +49 821 90678-158
markus.bambach@
igcv.fraunhofer.de

Simon Burger, M.Eng.
Wiss. Mitarbeiter
»Gießverfahren und
Werkstoffe«
Tel. +49 893 509466-138
simon.burger@
igcv.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Martin Feistle
Querschnittskompetenz
»Künstliche Intelligenz in
der Produktion«
Referent der Institutsleitung
Tel. +49 821 90678-158
martin.feistle@
igcv.fraunhofer.de

Hochsteife antistatische Composite-Leitungssysteme

Projektziel des Fraunhofer IGCV ist es, einen energieeffizienten und kostengünstigen Flecht-Pultrusionsprozess zur Herstellung von hochsteifen antistatischen Composite-Rohren für den Fluidtransport mit Einsatz in multiplen Branchen zu entwickeln.

Das Fraunhofer IGCV ist Teil des Verbundvorhabens AntiStatic im Technologietransfer-Programm Leichtbau des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Das Ziel ist dabei die Entwicklung eines neuartigen, energieeffizienten und kostengünstigen Verfahrens zur Herstellung von hochsteifen antistatischen Composite-Leitungen für den Fluidtransport.

Antistatische Leitungen aus Composites werden bereits zum Fluidtransport eingesetzt, wo Korrosion und Gewicht von metallischen Rohren ein Ausschlusskriterium sind und eine elektrische Aufladung vermieden werden muss. Das aktuell eingesetzte Wickelverfahren kann jedoch nur gerade Rohrabschnitte fertigen und bietet keine Skalierungsmöglichkeit. Die Folgen sind eingeschränkte Designfreiheit und hohe Produktionskosten, die den Einsatz auf wenige Branchen beschränken. Die geringe Designfreiheit in Verbindung mit hohen Produktionskosten des aktuell vorherrschenden Fertigungsverfahrens wird in AntiStatic überwunden. Zusätzlich zur Prozessentwicklung werden die Umweltwirkungen, insbesondere das Treibhauspotenzial, der Prozesskette analysiert.

Das Fraunhofer IGCV leitet in AntiStatic die Arbeitspakete Flecht-Pultrusion und Life-Cycle-Assessment. Flecht-Pultrusion bietet eine kosten- und ressourceneffiziente Herstellung von Bauteilen, bei denen Verstärkungsrichtungen abweichend von der Abzugsrichtung gefordert sind. Im Vergleich zum Wickelverfahren können Bauteile durch Pultrusion



Flecht-Pultrusion

kostengünstiger und energieeffizienter sowie mit besseren mechanischen Eigenschaften und geringerem Gewicht hergestellt werden. Mittels eines mit Carbon-Nanotubes gefüllten Kunststoffsystems kann die elektrische Leitfähigkeit des Bauteils eingestellt werden. Dabei ist die größte Herausforderung die gleichmäßige Verteilung der Carbon-Nanotubes, um isotrope antistatische Eigenschaften zu erzielen. Diese sind besonders relevant für den Transport von hochenergetischen Fluiden, bei denen kleinste elektrische Potentiale zur Explosion führen können. Im Arbeitspaket Life-Cycle-Assessment wird eine Lebenszyklusanalyse insbesondere hinsichtlich der Produktionsphase durchgeführt. Da ein Einsatz in Mobilitätsanwendungen vorgesehen ist, wird ebenfalls die Nutzungsphase berücksichtigt.

Kontakt

Jonas Frank, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-272
jonas.benjamin.frank@
igcv.fraunhofer.de

Maximilian Rieger, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Pultrusion«
Tel. +49 821 90678-262
maximilian.rieger@
igcv.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Frederik Wilhelm
Gruppenleiter
»Pultrusion«
Tel. +49 821 90678-246
frederik.wilhelm@
igcv.fraunhofer.de

Multikriterielle Bewertung von rCFK-Prozessrouten

Im Projekt MAI ÖkoCaP wird eine Bandbreite an Recycling- und Weiterverarbeitungsprozessen von carbonfaserverstärkten Kunststoffen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, technischer und ökobilanzieller Aspekte untersucht.

Unzureichende Kenntnisse und Unsicherheiten, etwa hinsichtlich der erzielbaren Bauteilqualitäten, der erreichbaren Kostenreduktion und der resultierenden Umweltwirkungen im Vergleich zu konventionellen Bauweisen, hemmen aktuell einen großflächigeren Einsatz von Anwendungen recycelter Carbonfasern (rCF). Die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterialien und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten sowie die sich zum Teil gegenläufig verhaltenen und komplexen ökologischen, ökonomischen und mechanischen Zielgrößen erschweren eine eindeutige Aussage zu den Kennzahlen.

MAI ÖkoCaP hat folglich das zentrale Ziel, für verschiedenste Prozessrouten aufzuzeigen, unter welchen Produktionsrandbedingungen das ökologische, ökonomische und funktionelle (mechanische) Potenzial recycelter Carbonfasern (rCF) gegeben ist. Der Fokus liegt auf der Herstellung und Weiterverarbeitung von rCF-Vliesen. Als Ausgangsmaterialien werden sowohl trockene Carbonfaserverschnitte als auch recycelte Carbonfasern betrachtet. Neben Prozessen der Trocken- und Nassvliesherstellung werden auch eine Bandbreite an thermoplastischen und duromeren Verarbeitungsmöglichkeiten untersucht. Von Interesse sind sowohl die einzelnen Prozessschritte als auch die ganzheitliche Betrachtung des gesamten Recyclingprozesses einschließlich der Bauteilherstellung.

Die benötigte Datengrundlage wird in Zusammenarbeit mit dem projektbegleitenden Ausschuss erarbeitet und in ein



Vlies aus recycelten Carbonfasern, hergestellt mittels Nassvlies-technologie

multikriterielles Bewertungsmodell überführt. Die Bauteilqualität, die Umweltwirkungen und die Produktkosten werden klar benannt und gegenübergestellt. Durch eine systematische Variation relevanter Material-, Prozess- und Produktionsparameter werden die Spannweite dieser drei Entscheidungsgrößen sowie deren Wechselwirkungen aufgezeigt und die wichtigsten Stellhebel identifiziert.

Nach Ende des Projekts dienen die erarbeiteten Ergebnisse der Industrie als transparente und belastbare Entscheidungsgrundlage hinsichtlich des Einsatzes von rCFK. Das Projekt leistet damit einen Beitrag zur Senkung der Markteintrittshürden von rCFK-Anwendungen und stärkt so den Ausbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft im CFK-Bereich. Gefördert wird das Forschungsprojekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Kontakt

Kerstin Angerer, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiterin
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-251
kerstin.angerer@
igcv.fraunhofer.de

Fabian Rechsteiner, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Recycling von Composites«
Tel. +49 821 90678-271
fabian.rechsteiner@
igcv.fraunhofer.de

Digitalisierung in der Batteriematerial- und Batteriezellenproduktion

Das Ziel des Projekts DiBatma-pro ist die Darstellung einer digitalisierten Prozesskette zur Herstellung von polymerbasierten Festkörperbatterien. In diesem Rahmen wird die innovative Anlagentechnik für eine Pilotlinie zur Festkörperbatterieproduktion konzipiert und befähigt.

Durch die Nutzung von Feststoffelektrolyten und damit die Befähigung von Festkörperbatterien können vorherrschende Limitierungen der konventionellen Lithium-Ionen-Batterietechnologie zukünftig überwunden und darüber hinaus Leistungsparameter von Batterien verbessert werden. Insbesondere polymere Festkörperbatterien versprechen hierbei einen hohen Nutzen für eine Vielzahl von Anwendungen.

Entscheidend für eine schnelle und wirtschaftlich erfolgreiche Markteinführung neuer Zellgenerationen ist die simultane Entwicklung der zugehörigen Produktionstechnologie in den Teilbereichen Materialsynthese, Elektrodenproduktion, Zellaassemblierung sowie Formierung und Zellanalyse.

Unter Zuhilfenahme neuer digitaler Methoden in der Vernetzung von Produktionsanlagen bis hin zum Testen und Analysieren der Batteriezellen ergibt sich die Möglichkeit, eine ressourcenschonende Skalierung der Produktionsprozesse zu erreichen.

Der Fokus des Forschungsvorhabens DiBatma-pro liegt auf der Planung und dem Aufbau einer innovativen Pilotlinie zur Fertigung von Festkörperbatterien. Dazu wird am Fraunhofer IGCV eine komplette Forschungsproduktionslinie, bestehend aus Elektrodenherstellung, Zellaassemblierung und Zellfinalisierung sowie Zelltesting, errichtet und für die Produktion von Festkörperbatterien befähigt.



Geplante Prozesskette zur Herstellung polymerer Festkörperbatterien am Fraunhofer IGCV

Hierbei werden die einzelnen Fertigungsanlagen mit den notwendigen mechanischen und digitalen Schnittstellen ausgestattet und miteinander vernetzt. Neben Maschinendaten werden Materialeigenschaften zur Beurteilung der Qualität der Produkte und Prozesse mit geeigneten Inline- und Offline-Messmethoden aufgezeichnet. Diese fließen in die Entwicklung eines Digitalen Zwillings ein. Die entstehenden digitalen Abbilder der Pilotlinie ermöglichen es, die Prozessschritte im Vorfeld virtuell zu planen und schnell auf neue Erkenntnisse anzupassen. Mithilfe automatisierter Prozesse und einer ausgeklügelten digitalen Infrastruktur finden so die Entwicklung von Prozessen und Materialien polymerbasierter Festkörperbatterien sowie deren Skalierung parallel statt. Das verkürzt die Entwicklungszeiten von Batteriematerialien und neuen Zelltechnologien.

Kontakt

Benedikt Stumper, M.Sc.
Gruppenleiter
»Verkettete
Fertigungsprozesse für
Batteriezellen«
Tel. +49 821 90678-171
benedikt.stumper@
igcv.fraunhofer.de

Battery-Makerspaces: Flexible Plattform zur Zell- und Speicherentwicklung

Durch die Errichtung von Battery-Makerspaces baut das Fraunhofer IGCV die Kompetenz zur mechanischen Zell- und Speicherauslegung sowie zur schnellen Erprobung von Produkt- und Fertigungskonzepten auf. Hierdurch können Innovationen bereits in der frühen Entwicklungsphase erprobt werden.

Der Entwicklungsprozess neuer Technologien lässt sich sowohl in verschiedene Phasen als auch Technologie-Reifegrade (TRL) unterteilen. Der Entwicklungsstand wird anhand der TRL 1-9 angegeben, wobei sich TRL 1-3 der Forschung sowie TRL 3-9 der Entwicklung und Erprobung zuordnen lassen. Diese Systematik kann auch auf die Entwicklung neuer Batterietechnologien angewandt werden.

Nachdem neue Batterietechnologien eine »Scale-Up-Fähigkeit« gezeigt haben, ist es das Ziel, ein robustes Produktkonzept aufzubauen. Dies kombiniert Materialsysteme, Produktionstechnologien und Zellkonzepte unter Berücksichtigung des geplanten Anwendungsfalls und der daraus resultierenden Batteriespeicherarchitektur. In dieser Phase entsteht aus den Forschungsergebnissen ein Zellkonzept im sogenannten Zielformat. Sowohl bei Zellherstellern als auch in der deutschen Forschungslandschaft gibt es im Bereich der frühen Produktentwicklung (TRL 3-5) eine Lücke, die sich von der Zellassemblierung bis hin zur Speichermontage erstreckt.

Um diese Lücke zu schließen, entsteht am Fraunhofer IGCV durch den Aufbau von drei Makerspaces (Cell-, Pack- und Test-Makerspace) eine flexible Entwicklungsplattform für Batteriezellen und -speicher. Diese dient zum Transfer von neuesten Erkenntnissen aus der Forschung auf produzierbare Zell- und Speicherkonzepte.



Der Cell-Makerspace ermöglicht das Fertigen der drei Zelltypen Pouchzelle, Rundzelle und prismatische Zelle mit flexiblen Zellformaten.

Der Cell-Makerspace verfolgt das Ziel, Zellen in variablen Zielformaten in kleiner Stückzahl möglichst schnell fertigen zu können, wobei der Fokus auf Umsetzungsgeschwindigkeit und Variantenvielfalt liegt. Flexible Vorrichtungen bzw. Anlagen- und Prozesstechnik ermöglichen den Aufbau von Prototypenzellen in unterschiedlichen Typen, Formaten und Größen. Der Test-Makerspace ermöglicht es wiederum, neue Zellkonzepte zu prüfen und zu validieren; im Pack-Makerspace werden Module und darauf aufbauend Batteriespeicher (Packs) im definierten Zielformat aufgebaut.

Ziel ist es, Batteriespeicher und Teilsegmente in geringer Stückzahl darstellen zu können, um spezielle Anforderungen und innovative Konzepte in der frühen Entwicklungsphase bestätigen bzw. verbessern zu können. Flexible Anlagen- und Prozesstechnik sowie manuelle Arbeitsschritte ermöglichen dabei den Aufbau von Speichervarianten in kürzester Zeit.

Kontakt

Benedikt Stumper, M.Sc.
Gruppenleiter
»Verkettete
Fertigungsprozesse für
Batteriezellen«
Tel. +49 821 90678-171
benedikt.stumper@
igcv.fraunhofer.de

Energiekosten und Treibhausgasemissionen mit Wasserstoff senken

Das Projekt H2StorFa erforschte, wie der Energieträger Wasserstoff an den Standorten produzierender Unternehmen erzeugt und anschließend genutzt werden kann, um so das Energiesystem effizienter und nachhaltiger zu gestalten.

Produzierende Unternehmen in Deutschland stehen im Bereich der Energieversorgung vor großen Herausforderungen. Sowohl Strom als auch Gaspreise sind in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen und haben sich durch politische Ereignisse im Jahr 2022 sogar vervielfacht. In diesem angespannten Umfeld versuchen die Unternehmen weiterhin, langfristig einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten. Der Einsatz von »grünem« Wasserstoff stellt dabei einen möglichen Lösungsbaustein dar, um die Energieversorgung der Industrie wirtschaftlich und nachhaltig zu gestalten.

Um die Potenziale von grünem Wasserstoff zu untersuchen, wurden verschiedene Varianten von Energiesystemen (Erzeugung, Speicherung etc.) für typische Anwendungsfälle in der Industrie modelliert, simuliert und anschließend ökonomisch und ökologisch bewertet. Im Fokus lagen dabei »Wasserstoff als Energiespeicher mit Rückverstromung«, »Wasserstoffmobilität« für Dienstfahrzeuge und die »Wasserstoffdirektnutzung« für technische Anwendungen. Die Betrachtung anhand realer Produktions- und Energiedaten ermittelte im Nutzungspfad »Wasserstoff als Energiespeicher« Stromgestehungskosten zwischen 43 und 79 Cent/kWh. Dabei ist durch die Rückverstromung des grünen Wasserstoffs mit einer Brennstoffzelle eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um bis zu 21 Prozent gegenüber dem Referenzszenario des deutschen Strommix unter bestimmten Randbedingungen möglich. Bei der Untersuchung des Nutzungspfads »Wasserstoffmobilität« konnte



Elektrolyseur in einem 20-Fuß-Container, Wasserstoffspeicher und regenerative Erzeugungsanlagen

mit Kraftstoffkosten für Wasserstofffahrzeuge von zwölf bis 15 Cent/km gezeigt werden, dass der Nutzungspfad gegenüber Referenzkosten von Dieselfahrzeugen bereits heute in einem wirtschaftlich attraktiven Bereich liegt. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen lag gegenüber dieselbetriebenen Pkw bei rund 60 Prozent. Auch die Wasserstoffdirektnutzung mit Gestehungskosten von 6,3 Euro/kg ist wirtschaftlich und mit einer vom Szenario abhängigen Reduktion der Treibhausgasemissionen zwischen rund 35 und 65 Prozent vor allem auch ökologisch attraktiv.

Aufbauend auf den Simulationsergebnissen werden nun Folgeprojekte für die Entwicklung und Untersuchung realer Demonstrationsanlagen bei kleinen und mittelständischen Unternehmen initiiert. Auf Basis flexibler und wandlungsfähiger Energiesysteme sowie einer optimalen Auslegung und Betriebsstrategie soll die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Nutzungspfade deutlich verbessert werden.

Kontakt

Veronika Erhart, M.Eng.
Wiss. Mitarbeiterin
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-149
veronika.erhart@
igcv.fraunhofer.de

Stefan Roth, M.Sc.
Gruppenleiter
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-168
stefan.roth@
igcv.fraunhofer.de

Innovative Betriebsstrategien und Services für energieflexible Fabriken

Das Kopernikus-Projekt SynErgie erforscht, wie die Industrie klimapolitische Ziele durch die Flexibilisierung von Energieverbräuchen ohne Einschränkungen für Produktionsziele und unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Potenzialen unterstützen kann.

Zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung ist der massive Ausbau erneuerbarer Energien notwendig. Durch die damit einhergehende zunehmende Volatilität der Energieerzeugung besteht für die Industrie Handlungsbedarf bei der Flexibilisierung ihrer Prozesse und Systeme. Im Kopernikus-Projekt SynErgie arbeiten das Fraunhofer IGCV und weitere Institute mit der Industrie an Lösungen zur Anpassung des Energiebedarfs an die Energieerzeugung unter Einhaltung der logistischen Kennzahlen.

Regelbare Energieerzeuger, Energiespeicher und flexible Verbraucher können Schwankungen von witterungsabhängigen Erzeugungsanlagen wie PV-Anlagen ausgleichen. Die Umsetzung einer energieflexiblen Fabrik wird allerdings erschwert durch die vorhandenen Restriktionen wie etwa die Verfügbarkeit von Ressourcen sowie die komplexen Wechselwirkungen im Produktionssystem (Materialfluss, Anlagenauslastung etc.). Innovative Betriebsstrategien bieten einen Lösungsansatz zur Erreichung von nachhaltigen Zielgrößen wie beispielsweise die Erhöhung des Autarkiegrads und der Eigenverbrauchsquote sowie die Reduktion von Treibhausgasemissionen bei gleichzeitiger Erfüllung der logistischen Kennzahlen.

Zur Entwicklung von ganzheitlichen Betriebsstrategien wurde ein simulationsgestützter Optimierungsansatz gewählt. Im ersten Schritt ist hierfür das Energiesystem wärme- und stromseitig des Industriepartners in der Software modelliert worden. Durch einen

iterativen Ablauf von Simulationsstudien und daraus gewonnenen Erkenntnissen werden die erforderlichen verbesserten Anlagensteuerungen schrittweise generiert. So konnte durch optimierte Betriebsstrategien für die Regelung der Photovoltaikanlage, des Blockheizkraftwerks, des Batterie- und Wärmespeichers sowie einer Power-to-Heat-Anlage der Autarkiegrad von 66,7 Prozent auf 93,6 Prozent angehoben sowie 32 Prozent der Stromkosten eingespart werden, basierend auf dem Simulationsmodell. Dies bedingt eine erhöhte Nutzung der Energiespeicher und einen saisonalen Einsatz der Power-to-Heat-Anlage.

Auch die Flexibilisierung der Produktionsprozesse wird im Rahmen des Projekts unterstützt, beispielsweise in Form einer gesamt-kostenbasierten Produktionssteuerung. Sie ermöglicht es, die durch die Einplanung von Energieflexibilitätsmaßnahmen verursachten Änderungen der Produktionskosten zu quantifizieren. An einem Anwendungsfall aus der Gießereiindustrie konnten hier die monetären Auswirkungen von Auftragsreihenfolgeänderungen und angepassten Maschinenbelegungen berechnet werden. In einem spezifischen Fall ergab sich durch die Anpassung von Prozessparametern eine Senkung der Produktionsselbstkosten um 5,4 Prozent für den ausgewählten Produktionsauftrag. Diese Senkung resultiert aus der Ausnutzung einer günstigeren Strompreiskonstellation durch die Prozessanpassung.

Kontakt

Vincent Kalchschmid, M.Eng.
Wiss. Mitarbeiter
»Produktionsplanung und Steuerung«
Tel. +49 821 90678-131
vincent.kalchschmid@
igcv.fraunhofer.de

Florian Karg, M.Eng.
Wiss. Mitarbeiter
»Produktionsplanung und Steuerung«
Tel. +49 821 90678-166
florian.karg@
igcv.fraunhofer.de

Stefan Roth, M.Sc.
Gruppenleiter
»Nachhaltige Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-168
stefan.roth@
igcv.fraunhofer.de

Multimateriallösungen

Wiederverwendbare faserverstärkte Sandgussformen	36
Nachhaltige Faserverbund-Sandwich-Profile mit Myzel-Kern.....	37
Carbonfaser-Recyclingvliese im Multimaterialansatz	38



Wiederverwendbare faserverstärkte Sandgussformen

Im Rahmen des Projekts MultiMat-Bav-II verfolgt das Teilprojekt REINFORCED SAND die Kompetenzerweiterung im Bereich der Multimaterialverarbeitung und additiver Fertigungsprozesse. Ziel ist es, die Mehrfachverwendung von verlorenen Sandgussformen zu ermöglichen.

Kokillen, auch Dauerformen genannt, werden in Großserien mit hohem Durchsatz verwendet. Da die Herstellung von Kokillen im Allgemeinen sehr zeit- und kostenintensiv ist, kommen für Mittel- und Kleinserien sowie bei Prototypen oder der Einzelfertigung mehrheitlich verlorene Formen zum Einsatz. Wesentliche Anwendungsgebiete von verlorenen Formen sind auch Hochtemperaturguss (z.B. Eisen und Stahl) und komplexe Formen, die bei Kokillen schwierig zu erzeugen sind. Verlorene Formen werden nach dem Gießzyklus zerstört und sind daher nur für die Einmalanwendung geeignet. Dies führt unweigerlich zu einem hohen Verbrauch des Formstoffes und einem aufwendigen Recyclingprozess, da der Formstoff mit organischen oder anorganischen Bindern versetzt wird. Das Teilprojekt REINFORCED SAND hat sich deshalb das Ziel gesetzt, die Produktionskette im Sandguss umweltfreundlicher und nachhaltiger zu gestalten. Ermöglicht werden soll das durch die Wiederverwendbarkeit der Formen.

Die Zugabe von Fasern soll zu besseren mechanischen Eigenschaften der verlorenen Formen führen und so eine Zerstörung durch Heißverformung während des Gusses oder durch Schrumpfung des Gussteils während des Abkühlprozesses verhindern. Die Fasern im Formstoff absorbieren dabei die Verformungsenergie, sodass das spröde Bruchverhalten unverstärkter Formen in ein quasi-duktilen Verhalten umgewandelt wird. Im Projekt wird mit anorganischen Bindern gearbeitet, welche, im Gegensatz zu organischen Bindern, beim Kontakt mit der Metallschmelze ein stabiles



Eine erfolgreich mehrfach abgegossene faserverstärkte Sandgussform (links) und eine beim ersten Guss zerstörte unverstärkte Form (rechts)

Verhalten aufweisen und dadurch keine umwelt- und gesundheitsschädlichen Verbrennungsgase absondern.

Im Ergebnis konnten bereits erste Abgüsse faserverstärkter Formen mit Aluminium hergestellt werden. Dabei wurde gezeigt, dass faserverstärkte Sandformen beim Gießvorgang, im Unterschied zu konventionellen Formen, durch Schrumpfung nicht zerstört werden. Bei der Entformung der mithilfe der faserverstärkten Formen hergestellten Bauteile blieben keine Sandrückstände am gegossenen Bauteil zurück. Im Vergleich dazu brach die Sandform ohne Faserverstärkung bereits während des Abkühlprozesses, außerdem blieben bei der Entformung unerwünschte Rückstände am Bauteil. Beim jetzigen Stand können bereits vier Abgüsse mit nur einer faserverstärkten Form erzeugt werden.

Kontakt

Jan Angenoorth, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Formverfahren und Formstoffe – Materialien und Prozesse«
Tel. +49 89 350946-136
jan.angenoorth@igcv.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Dominik Rumschöttel
Wiss. Mitarbeiter
»Formverfahren und Formstoffe«
Tel. +49 89 350946-132
dominik.rumschoettel@igcv.fraunhofer.de

Nachhaltige Faserverbund-Sandwich-Profile mit Myzel-Kern

Untersucht wird der Einsatz von Myzel als nachhaltige Alternative für Holz oder Hartschaum in pultrudierten glasfaserverstärkten Kunststoff-Sandwich-Profilen. Neben der Verarbeitbarkeit und den mechanischen Eigenschaften steht die Eruierung des ökologischen Nachhaltigkeitspotenzials im Fokus.



Myzel-GFK Sandwich Verbund im 4-Punkt-Biegeversuch

Der Einsatz von Myzel als nachhaltige Alternative für Holz oder Hartschaum bietet mannigfaltige Möglichkeiten, um die Nachhaltigkeit von glasfaserverstärkten Sandwich-Profilen zu verbessern. Anstatt Schäume aus fossilen Rohstoffen herzustellen, reichen organische Abfälle wie beispielsweise Hanfschäben zur Aufzucht von Myzel aus. In Kombination mit dem kontinuierlichen und massenmarktauglichen Faserverbundprozess Pultrusion ergibt sich die Chance, eine neue Materialklasse für den branchenweiten Einsatz zu etablieren. Das Maß der möglichen Einsparungen hinsichtlich der Treibhausgasemissionen wird aber letztendlich durch die erzielbaren Produkteigenschaften und die hieraus resultierenden Anwendungsgebiete definiert.

Zur Evaluation ist das Nachhaltigkeitspotenzial im Verbundvorhaben zwischen dem Fraunhofer IBP, IGCV und WKI in drei Phasen eruert worden. Das sind im Wesentlichen die Myzelkultivierung (Fraunhofer WKI), die Prozessentwicklung (Fraunhofer IGCV) und die Bewertung der Werkstoffkombination aus

Myzel und Faserverbundwerkstoff (Fraunhofer IBP und IGCV). Als Demonstrator dient ein GFK-Sandwich-Profil, das eine verlässliche Einschätzung des Anwendungspotenzials dieser neuartigen Werkstoffkombination erlaubt.

Das Vorhaben zeigt, dass Myzel als Alternative für bekannte Schaumwerkstoffe eingesetzt werden kann und hierfür nur geringfügige Prozessmodifikationen notwendig sind. Somit steht allgemein eine neue Materialklasse für Faserverbundwerkstoffe zur Verfügung. Je nach Anwendungsfall könnte sich perspektivisch das Treibhauspotenzial um bis zu 40 Prozent im Vergleich zu konventionellen Materialien reduzieren. Dazu sind jedoch weitere Forschungsaktivitäten zur Optimierung der Fertigungsprozesse notwendig. Im Speziellen könnte die Sterilisation des Myzels in den Pultrusionsprozess integriert und damit folglich Prozesszeiten gesenkt und die Energieeffizienz gesteigert werden. Als Anwendungsfelder bieten sich die Bereiche Automobil, Schienenverkehr, Bauwesen und Maschinenbau an.

Kontakt

Jonas Benjamin Frank, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Nachhaltige
Produktionssysteme«
Tel. +49 821 90678-272
jonas.benjamin.frank@
igcv.fraunhofer.de

Maximilian Holland, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Online-Prozessmonitoring«
Tel. +49 821 90678-268
maximilian.holland@
igcv.fraunhofer.de

Andreas Senz, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Pultrusion«
Tel. +49 821 90678-216
andreas.senz@
igcv.fraunhofer.de

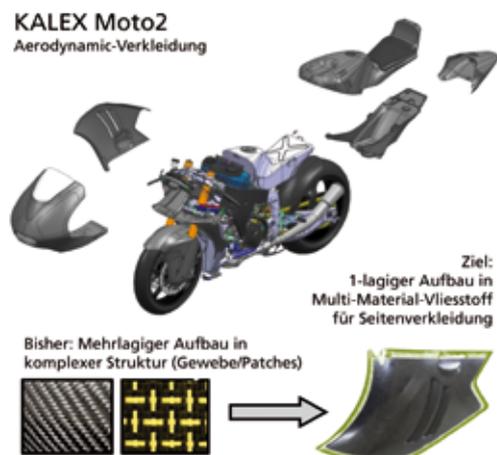
Carbonfaser-Recyclingvliese im Multimaterialansatz

CaRMA fokussiert einen innovativen Multimaterialansatz, bei dem recycelte Carbonfasern mit zusätzlichen strukturellen oder funktionellen Fasern (z.B. Glas-, Natur-, Aramidfasern) innerhalb eines Vlieswerkstoffs vereinigt werden, um neuartige Leistungsspektren darzustellen.

Das Recycling von kohlenstofffaserhaltigen Abfallstoffen hat sich vor dem Hintergrund ökologischer, ökonomischer und politischer Rahmenbedingungen inzwischen zu einer weitreichenden Aufgabe auf dem Weg in Richtung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft entwickelt. Insbesondere im Hinblick auf den weiterhin stark aufstrebenden Windenergie-Sektor sowie zukünftige Mobilitätslösungen in der Automobil- und Luftfahrt-Branche stehen stoffliche Recyclinglösungen der eingesetzten Konstruktionswerkstoffe im Zentrum der Aktivitäten.

Eine erste aussichtsreiche Variante zur Schließung des Stoffkreislaufs etabliert sich aktuell entlang der Aufbereitung mittels vliesbildender Verfahren. Um das hohe Technologiepotenzial bestmöglich zu erschließen, ist notwendig, das Anforderungsprofil von künftigen Einsatzfeldern des erneuten Produktlebenszyklus mit den Leistungsniveaus der Vliesstoffe zu verknüpfen.

Das Forschungsprojekt CaRMA macht sich dabei die intrinsisch hohe Anzahl an werkstofflichen Stellgrößen innerhalb eines technischen Vliesstoffes zunutze. In einem innovativen Multimaterialansatz werden recycelte Carbonfasern mit zusätzlichen strukturellen oder funktionellen Faseranteilen, beispielsweise Glas-, Natur-, Aramidfasern, vermischt. Dadurch kann das Leistungsspektrum des neuartigen Werkstoffs signifikant verbreitert werden. Infolge der verbesserten Einsatzfähigkeit können potenziell auch zusätzliche Anwendungsfelder erschlossen werden. Mit



Oben: Demonstrationsbauteil KALEX Moto2 Aerodynamic-Verkleidung (Seitenteil);
rechts: Förderer und Partner

steigendem Technologieverständnis werden entlang des gewählten Ansatzes anwendungsspezifisch optimierte Materialvarianten ermöglicht. Die facettenreichen Nutzungspotenziale unterstützen somit den wirtschaftlich-tragfähigen und gleichzeitig ökologisch-sinnvollen Umgang mit werkstofflichen Ressourcen in diesem Hochtechnologieumfeld.

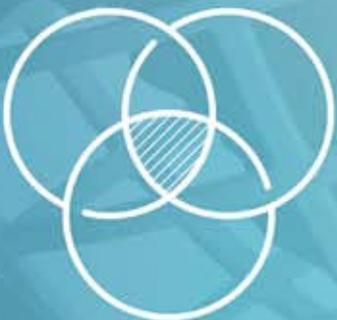


Kontakt

Michael Sauer, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Recycling von Composites«
Tel. +49 821 90678-238
Michael.Sauer@
igcv.fraunhofer.de

Querschnittslösungen

Elektromobilität und Batteriezelle	40
Biologische Transformation – Wertschöpfung natürlich nachhaltig	42
Nachhaltige Fabrikplanung und Betriebsstrategien	46
Nachhaltigkeit als Leitmotiv in der Faserverbundtechnologie	48
Additive Multimaterialverarbeitung neu gedacht	52
KI in der Produktion – Der Schlüssel zum Erfolg	54



Elektromobilität und Batteriezelle

Mit dem Voranschreiten der Elektromobilität ergeben sich interdisziplinäre Aufgaben in der Produktionsforschung.

» Interdisziplinäre Teams sind ein wichtiger Bestandteil erfolgreicher Forschung im Bereich Batterie- und Speicherfertigung«

Je nach angenommenem Szenario wächst der Bedarf an Batteriespeichern zwischen den Jahren 2020 und 2030 zwischen 3,5 und sechs Terrawattstunden an, was einer Steigerung von über 875 Prozent zum heutigen Stand entspricht⁸. Es werden Entwicklungs- und Produktionsstrategien benötigt, um auf die schnell wachsende Nachfrage bei gleichzeitig unterschiedlichen Anforderungen aus dem Markt effizient reagieren zu können. Die aktuellen Entwicklungen bei der Elektromobilität zeigen, dass das System Batteriezelle, -speicher und -fahrzeuge sich immer weiter durch eine Funktionsintegration verzahnen wird. Das Optimieren einzelner Systemelemente reicht nicht mehr aus, um langfristig am Markt erfolgreich zu sein.

Aus diesem Grund ist das Gesamtverständnis – angefangen bei der Batteriezelle über die Produktion des Speichers – nötig, um die interdisziplinären Aufgaben zu bewältigen und die darin befindlichen Potenziale in den Schnittstellen der Systeme zu nutzen. Die aktuell bestehenden Entwicklungsprozesse sehen ein sequenzielles Vorgehen der einzelnen Entwicklungsphasen von der Batteriezelle,

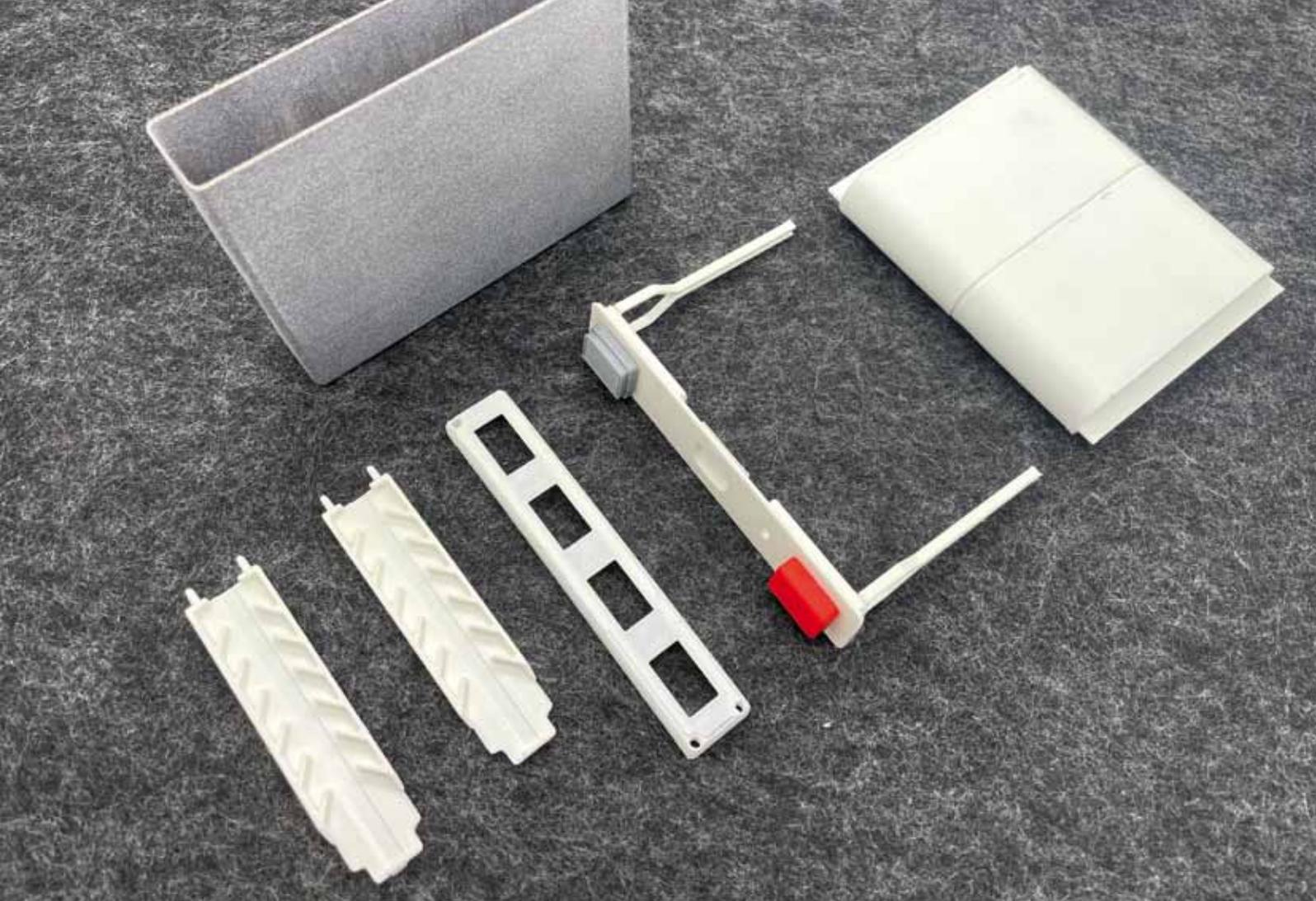
über den Speicher bis hin zu dessen Integration vor. Je nach Rahmenbedingungen und Komplexität des Fahrzeugs kann dieser Prozess einige Jahre in Anspruch nehmen.

Mit den bestehenden Projekten und geplanten Investitionen bietet das Fraunhofer IGCV eine Plattform für Unternehmen, um den Entwicklungsprozess zu beschleunigen und schnellere Zyklen zu realisieren. Durch Methoden der Wissensmodellierung sowie der Absicherung des Produkts in einer frühen Phase durch den Aufbau von Prototypen, können in Zusammenarbeit mit der Gießertechnik und der Additiven Fertigung in sehr kurzer Zeit wertvolle Ergebnisse realisiert werden.

Mittels Laser-Strahlschmelzen werden am Fraunhofer IGCV metallische Gehäuse für prismatische Batteriezellen in weniger als 48 Stunden hergestellt. Diese Gehäuse können getreu dem Motto »complexity-for-free« individuell im Design angepasst und unter Verwendung einer großen Bandbreite von Metalllegierungen aufgebaut werden. Mit weiteren additiven Fertigungsverfahren können zudem komplette Zellmechaniken aus Kunststoff gefertigt



Additiv gefertigtes Batteriezellgehäuse aus der Aluminiumlegierung AlSi10Mg



Additiv gefertigte Zellmechanik zur Überprüfung der Montagefähigkeit

werden. Dies wird beispielsweise zur Überprüfung der Montagefähigkeit genutzt. Diese Methoden unterstützen bei der Beschleunigung des Entwicklungsprozesses.

Das Fraunhofer IGCV forscht auch an Optimierungen bei der Produktion von Batteriezellen. Im Rahmen des Forschungsprojekts KIproBatt – Intelligente Batteriezellfertigung mit KI-gestütztem Prozessmonitoring auf Basis einer generischen Systemarchitektur – wird nach Korrelationen über den gesamten Produktionsprozess mittels Künstlicher Intelligenz (KI) gesucht. Die Datenübertragung von Maschinen und Sensoren mittels OPC Unified Architecture (OPC UA) ist ebenso ein Thema, wie die maschinenlesbare Abbildung von Expertenwissen. Neben den stark datengetriebenen Forschungsansätzen ist das Fraunhofer IGCV in der Detektion von Partikeln auf Elektrodenfolien mittels aktiver Thermografie tätig. Mithilfe der angewendeten Verfahren lassen sich Partikel von zehn Mikrometern zuverlässig erkennen. In naher Zukunft wird sowohl die Bandbreite als auch die Geschwindigkeit der Offline-Methode weiterentwickelt.

Diese Ansätze lassen sich, neben der Qualitätssicherung, auch für neue Produktionsverfahren in Bezug auf deren Einfluss zur partikulären Verunreinigung der produzierten Zwischen- bzw. Endprodukte untersuchen. Erst auf Basis dieser Erkenntnisse ist es sinnvoll möglich, eine zielgerichtete Entfernung gefundener Partikel sowie einen Benchmark über die Reinigungseffizienz von Verfahrensprinzipien zu realisieren. Abseits der technischen Sauberkeit der Zelle werden am Fraunhofer IGCV auch Reinigungs- und Prüfprozesse für die weiteren Zellkomponenten, wie Gehäuse und Deckelbaugruppen, sowie auch die Erzielung eines den Sauberkeitsanforderungen entsprechenden Endprodukts spezifiziert.

Die vorgestellten Arbeiten sind nur ein Ausschnitt aus dem Beitrag des Fraunhofer IGCV im Themenbereich Elektromobilität und Batteriezelle. Darüber hinaus laufen weitere Forschungsarbeiten im Bereich Greiftechnik und Robotik sowie eine Verknüpfung zur Fabrikplanung. Durch die interdisziplinären Teams können die Fragestellungen hinsichtlich Elektromobilität sowie Batteriezellproduktion gelöst werden.

Kontakt

Christoph Berger, M.Sc.
Abteilungsleiter
»Produktionsprozesse für nachhaltige Mobilitätslösungen« und »Flexible Produktionsautomatisierung«
Tel. +49 821 90678-154
christoph.berger@
igcv.fraunhofer.de

Biologische Transformation – Wertschöpfung natürlich nachhaltig

Orientiert an den Lösungen der Natur entwickeln Forscherinnen und Forscher innovative und nachhaltige Zukunftstechnologien.

Digitale Technologien verändern sowohl Fertigungsprozesse als auch die Produktentwicklung bereits grundlegend. Die aus digitalen Prozessen resultierende Erhöhung von Vernetzung und Produktivität bedeutet jedoch gleichzeitig eine erhebliche Zunahme des Ressourcenbedarfs. Eine nachhaltige Wertschöpfung, mit der Absicht, unseren Lebensstandard zu halten und natürliche Ressourcen nicht zu verbrauchen, erfordert neue innovative Technologien. Genau hier soll die Biologische Transformation einen möglichen Weg aufzeigen.

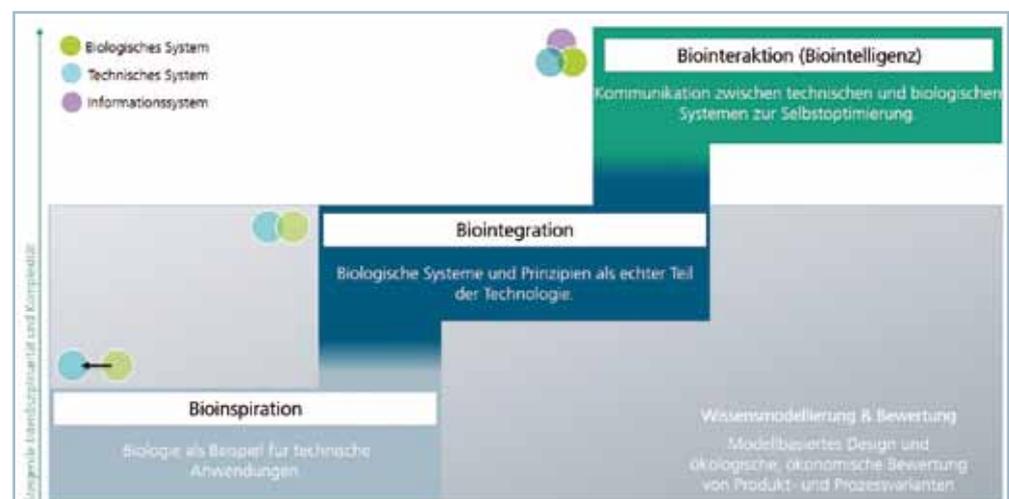
Die Natur als Ideengeber

Das Konzept bedient sich der Natur als Ideen-geber: Durch technologische Errungenschaften

der vergangenen Jahrzehnte ist es heute möglich, biologische Prozesse detaillierter zu erforschen und besser zu verstehen. Neue Entwicklungen resultieren aus der Übertragung von Materialien, Strukturen und Prozessen der belebten Natur in die Technik und verfolgen dabei stets das Ziel der ökologischen Nachhaltigkeit. Gerade die Schnittstelle der Bio-, Informations- und Ingenieurwissenschaften eröffnet völlig neue Forschungsfelder und Lösungsräume. Doch was genau verbirgt sich hinter diesem Konzept?

Ganz allgemein wird die Biologische Transformation in drei verschiedenen Entwicklungsmodi oder Stufen dargestellt – die sogenannte Bioinspiration, die Biointegration und die Biointeraktion.

Entwicklungsstufen der Biologischen Transformation: Aktivitäten des Fraunhofer IGCV fokussieren sich auf die Stufen der Bioinspiration und Biointegration ergänzt durch Wissensmodellierung und Bewertung.





Biologische Transformation

Die Bioinspiration folgt im Grunde dem klassischen Ansatz der Bionik. Im Rahmen der Evolution optimierte Phänomene aus der Natur werden in die Technik übertragen, wobei der Nachhaltigkeitsgedanke die Lösungsfindung maßgeblich prägt. Beispielsweise finden sich von der Natur inspirierte Strukturen und Materialien häufig im Leichtbau wieder.

Die Biointegration dagegen beschreibt die direkte Einbettung biologischer Prozesse in ganze Produktionssysteme. Biologische Komponenten, beispielsweise Proteine, Organismen oder Pilze, sind somit ein echter Teil der technischen Maschinerie. Ein Beispiel ist der Einsatz von Pilzmyzel als nachhaltige Alternative zu fossilen Materialien in Produkten und Prozessen.

Die Biointeraktion oder Biointelligenz markiert die Vision einer Wertschöpfung der Zukunft. Der Fokus liegt auf der Interaktion und Kommunikation zwischen den technischen, informatorischen und biologischen Systemen. Dadurch wird eine Selbstoptimierung möglich, die völlig neue Produktionstechnologien und -strukturen schaffen kann.

Interdisziplinäre Biologische Transformation

Das Fraunhofer IGCV treibt die Biologische

Transformation disziplinübergreifend voran. Forschende arbeiten interdisziplinär zusammen und leisten einen Beitrag zur Entwicklung von innovativen sowohl bioinspirierten als auch biointegrierten Produkten und Prozessen.

Im Projekt Sensoskin beispielsweise befassten sich Wissenschaftler:innen mit der Bauteilzustandsüberwachung durch eine sensitive Außenhaut. Sie setzten sich dabei die Verwirklichung einer wartungsfreien und vorausschauenden Instandhaltungsmöglichkeit von hybriden Bauteilen zum Ziel. Als biologisches Vorbild wurde die Knochenhaut im Endoskelett von Wirbeltieren herangezogen und deren Prinzip der Zustandsüberwachung in die Technik übertragen. Zur Demonstration wurde gemeinsam mit der Enari GmbH ein Snowboard auf Basis von Multimaterialkomponenten um eine stützende, additiv gefertigte Insertstruktur hergestellt. Der Holzkern im Snowboard trägt, analog zum Knochen, keine Sensorik. Dies übernimmt die Außenhaut aus Faserverbundmaterial, welche den Kern wie ein Sandwich jeweils an der Ober- und Unterseite umgibt. Innerhalb dieser Decklagen wurden Fiber-Bragg-Grating-Sensoren eingebracht. Durch Anregung von außen wurde das Board in Schwingung versetzt; die dabei entstandenen Eigenfrequenzen wurden mithilfe eines Interrogators erfasst und anschließend analysiert. Die Schädigung des Bauteils zeigt sich in Änderungen der Eigenfrequenz,



Nachhaltige Wertschöpfung kann nur durch disziplinübergreifende Innovationen erreicht werden.«

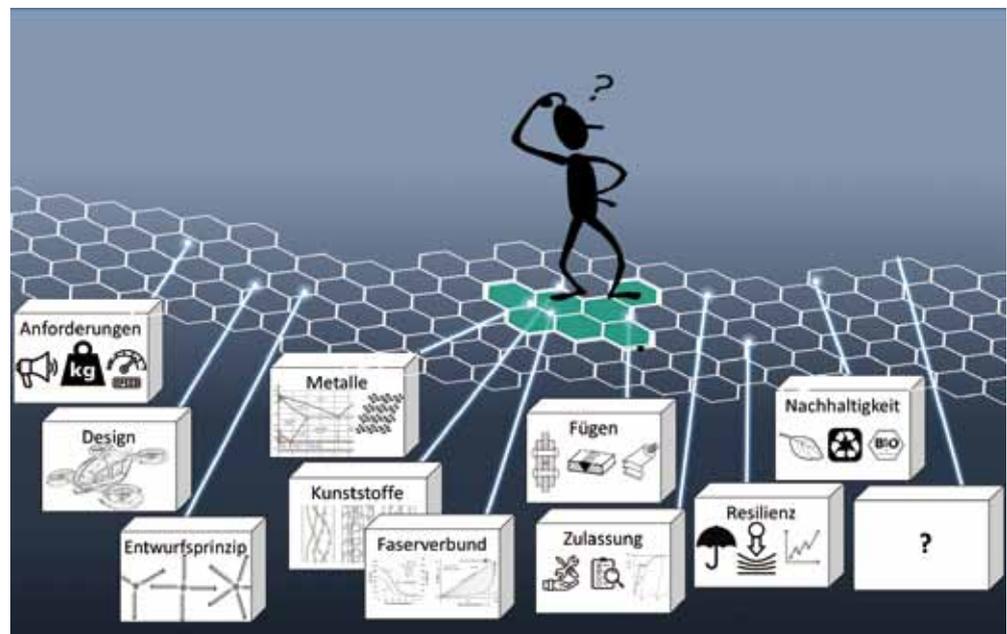
wodurch Rückschlüsse auf den Bauteilzustand gezogen und Defekte im Inneren des Bauteils erkannt werden können.

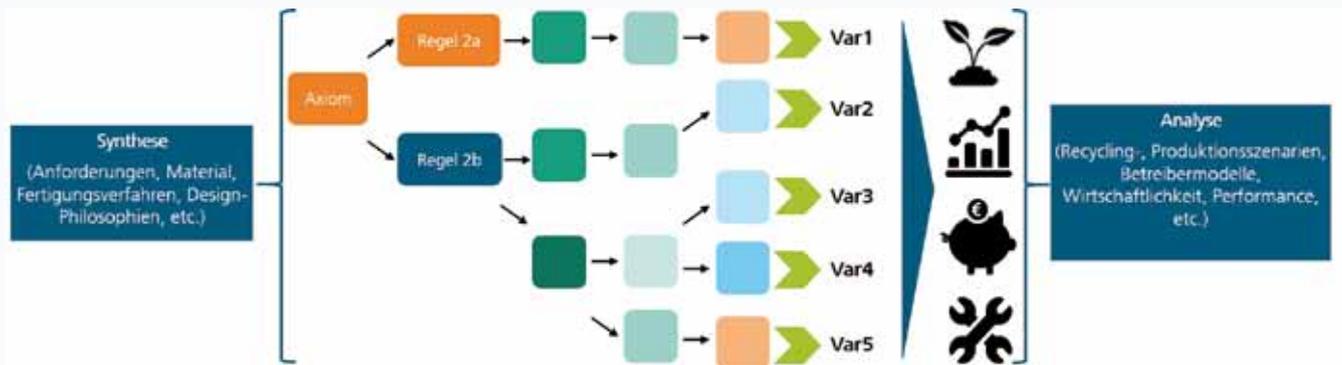
Im Projekt MyPul untersuchten Forschende gemeinsam mit dem Fraunhofer WKI und Fraunhofer IBP den Einsatz von Pilzmyzel als nachhaltige Alternative für Holz oder Hartschaum in pultrudierten glasfaserverstärkten Kunststoff-Sandwich-Profilen. Das Pilzmyzel wurde zunächst mit pflanzlichem Substrat, in diesem Fall Hanfschäben, vermischt und zum Wachstum angeregt. Nach und nach wurde das gesamte Substrat von Myzelfäden durchwachsen, wodurch sich eine feste Struktur bildete, die nach entsprechender Nachbearbeitung wie Erhitzen, Pressen und Schneiden für die Pultrusion prozessierbar gemacht wurde. Im Fokus der Untersuchung stand neben der Prozessgestaltung die Eruierung des ökologischen Nachhaltigkeitspotenzials der Verbundstruktur. Nähere Informationen zum Projekt finden Sie auf Seite 37.

Wissensmodellierung um komplexe Wertschöpfungsketten zu beherrschen

Nachhaltigkeit von Produkten oder Prozessen steht nicht selten im Zielkonflikt von Umweltwirkungen, Kosten und Leistungsanspruch. Produkte und Prozesse basieren daher oft auf Kompromissen, wobei finale Designentscheidungen häufig selektiv und subjektiv getroffen werden. Die Komplexität moderner Wertschöpfungsketten übersteigt schlichtweg den Kompetenzhorizont von einzelnen Expert:innen. Forschende am Fraunhofer IGCV begegnen dieser Herausforderung mit einem modellbasierten Ansatz auf Basis der graphenbasierten Entwurfssprachen, kurz der Wissensmodellierung. Der modellbasierte Ansatz ermöglicht eine schnelle Erstellung zahlreicher Produktvarianten unter Hinzunahme verschiedener ökologischer Modifikationen entlang des Produktlebenszyklus »per Knopfdruck«. Diese reichen von der Materialauswahl bis zu

Wertschöpfungsketten sind geprägt von einem hohen Grad an Komplexität, der das Wissen einzelner übersteigt. Wissensmodellierung hilft die Komplexität zu beherrschen.





Die Ausführung der Wissensmodellierung ermöglicht die regelbasierte und automatisierte Erzeugung vielfältiger Produktvarianten. Durch Variation und Selektion erfolgt eine ganzheitliche Optimierung im Produktvorentwurf.

Recyclingstrategien. Die erzeugten Produktvarianten können anschließend durch die Einbindung einer Lebenszyklusanalyse und Lebenszykluskostenrechnung hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit, Kosten und Performance verglichen werden. Dieser Ansatz leistet durch seinen ganzheitlichen Charakter im Spannungsfeld von ökonomischen, ökologischen und Leistungsbelangen einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanzsteigerung von neuen Konzepten, wie dem der Biologischen Transformation. Nicht zuletzt, da konventionelle Ansätze ohne großen Engineering-Aufwand direkt mit neuen nachhaltigen Lösungen verglichen werden können (nähere Informationen zum Forschungsprojekt BTfly auf Seite 13).

Um entscheidende Fortschritte im Bereich der Nachhaltigkeit von Faserverbund- und Multimaterialbauweisen zu erreichen, stand im FuE-Projekt NewAirgiLity die Vision einer digitalisierten Wertschöpfungskette im Fokus. Im ersten Schritt wurde die Machbarkeit an einem Fallbeispiel zur automatisierten Erzeugung von möglichen Recyclingrouten für Composite in Abhängigkeit von anfallenden Abfällen aufgezeigt. Die dafür notwendigen Kompetenzen am Fraunhofer IGCV wurden gebündelt und durch Wissensmodellierung konsistent und wiederholbar erfasst. Erstmals wurde so der bestehende Stand der Technik im Recycling in einer digitalen Prozesskette abgebildet. Auf diese Weise entstand der erste Baustein für ein erweiterbares Modell, das Methodenkompetenz mit Technologiekompetenz verknüpft. Weiterführend kann

darauf aufbauend eine digitalisierte Wertschöpfungskette für Composites entstehen, die ein hohes Maß an Nachhaltigkeit und Effizienz gewährleistet. Durch diese Vernetzung können komplexe Fragestellungen schneller objektiv beantwortet und Wissen flexibel abgerufen und weiterverarbeitet werden. Vor allem die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Expert:innen verschiedener Bereiche fördert einen schnellen Aufbau von Modellen und Funktionen, welche zum einen die Biologische Transformation und zum anderen neue Denkweisen, zirkuläre Produkte und Kreativität im Design-to-Recycling voranbringen werden.

Wie die Digitale Transformation hat die Biologische Transformation großes Potenzial, um mehr als nur einzelne Aspekte des Produktlebenszyklus zu verändern. Derzeit ist die Biologische Transformation in einer Orientierungsphase mit dem Ziel, Expert:innen aus verschiedenen Bereichen disziplinübergreifend in den Dialog zu bringen, um gemeinsam Lösungen für bestehende Herausforderungen zu finden. Hierbei darf es nicht darum gehen, jeden Aspekt aus der Natur in einer technischen Lösung umzusetzen, sondern vielmehr darum, Ansätze in der Natur zu identifizieren, die durch außergewöhnliche Lösungen eine nachhaltige Wertschöpfung mitgestalten können.

Kontakt

Dr. Marion Fruechtl
 Querschnittskompetenz
 »Biologische Transformation«
 Tel. +49 89 350946-126
 marion.fruechtl@
 igcv.fraunhofer.de

Nachhaltige Fabrikplanung und Betriebsstrategien

Transformation zu einem nachhaltigen Unternehmen durch integrative Fabrikplanungsmethoden und ressourceneffiziente Produktion.

» Um bestehen zu können, müssen sich Unternehmen im Bereich der Nachhaltigkeit komplett transformieren.«

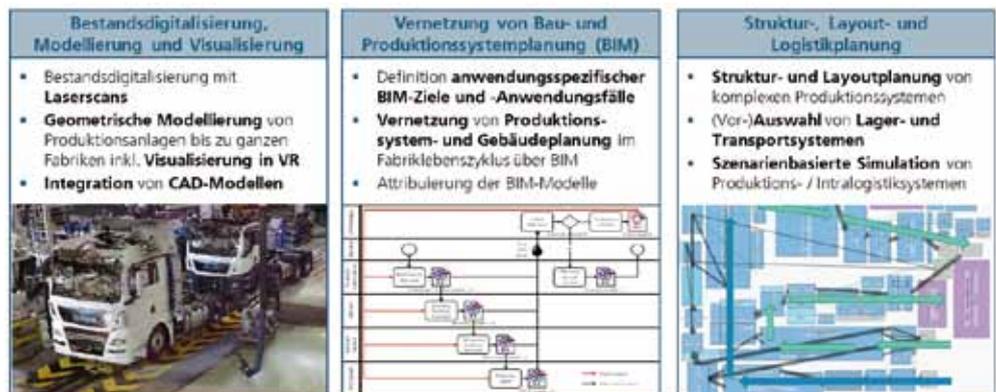
Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels und die Knappheit von Rohstoffressourcen erfordern eine nachhaltige Begrenzung der Treibhausgasemissionen und des Materialeinsatzes, nicht nur in der Nutzungsphase, sondern bereits in der Produktentstehung. Gleichzeitig steht das produzierende Gewerbe vor großen Herausforderungen wie der Globalisierung und dem sich daraus ergebenden dynamischen Marktumfeld. Um hier langfristig bestehen zu können, müssen sich die Unternehmen im Bereich der Nachhaltigkeit komplett transformieren. Sowohl eine Änderung des Fabrikplanungsvorgehens hin zu einem integrativen und ganzheitlichen Ansatz als auch innovative Ansätze für die Energieversorgung sowie die nachhaltige Gestaltung und Betriebsweise von Produktionssystemen können hier einen entscheidenden Beitrag leisten.

Kollaborative Fabrikplanung

Der Lebenszyklus eines Gebäudes beträgt ein Vielfaches eines Produkt- oder Produktionssystems, folglich ist die Fabrikplanung

geprägt von Umplanungsmaßnahmen. Auch im Bereich der Nachhaltigkeit kann hierdurch ein erheblicher Beitrag geleistet werden, indem beispielsweise ressourceneffiziente Technologien in bestehende Produktionssysteme integriert, Transportwege reduziert, die Flächenauslastung erhöht und Logistiksysteme für die Schließung von Stoffkreisläufen eingeführt werden.

Allerdings sind durch das bestehende Gebäude- und Produktionssystem Restriktionen gegeben, die eine optimale Umplanung erschweren. Veraltete Planungsgrundlagen sowie eine heterogene Datenhaltung verursachen einen hohen Aufwand für Datenbeschaffung und -aufbereitung. Zudem sind zeitintensive Abstimmungen zwischen den verschiedenen Beteiligten erforderlich. Um die Planungszeit zu verkürzen und den Einfluss der Umplanungen ganzheitlich aufzuzeigen und damit einhergehend komplexe Umplanungsmaßnahmen hin zu nachhaltigeren Produktionssystemen zu realisieren, adressiert das Fraunhofer IGCV in der kollaborativen Fabrikplanung drei übergeordnete Themenschwerpunkte.



Themenschwerpunkte kollaborative Fabrikplanung



Unsere Forschungsaktivitäten umfassen:

- Entwicklung einer integrativen Planungsvorgehensweise auf organisatorischer und technischer Ebene mithilfe von Building-Information-Modeling
- Kontinuierliche Bestandsdigitalisierung zur Sicherstellung einer aktuellen Planungsgrundlage
- Teilhabe der Produktionsmitarbeitenden am Planungsprozess zur Erhöhung der Akzeptanz von Umplanungsmaßnahmen sowie zur Integration von Detailwissen, etwa hinsichtlich Ineffizienzen von Prozessen
- Vorgehensweise zur nachträglichen Integration von Logistiksystemen für (Inhouse-) Recyclingkonzepte zur Schließung der Materialkreisläufe

Nachhaltige Produktion

Vor dem Hintergrund steigender Energiekosten stehen produzierende Unternehmen großen Herausforderungen gegenüber. Gleichzeitig versuchen die Unternehmen einen entscheidenden Beitrag zu einer sukzessiven Dekarbonisierung der Energieversorgung und der Produktion zu leisten. Weiterhin ist ein sprunghafter Anstieg hinsichtlich der Nachweispflicht der Produktnachhaltigkeit entlang der Lieferkette zu verzeichnen. Unternehmen sind entsprechend gefordert, umfassende Kapazitäten für die ganzheitliche Bilanzierung eigener Produkte und Produktionsprozesse sowie zur Bewertung von Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich gängiger Nachhaltigkeitskriterien und Standards aufzubauen. Dies stellt für kleine und mittlere, aber auch für größere mittelständische Unternehmen eine enorme Herausforderung dar.

Die Entwicklung hin zu einer nachhaltigen Produktion beginnt üblicherweise mit der Transparenzschaffung und der Identifikation von relevanten Haupttreibern und Stellhebeln. Auf Basis der Erkenntnisse können gezielt Maßnahmen beispielsweise für eine nachhaltigere Energieversorgung, die Vermeidung von Ineffizienzen in der Produktion sowie die Implementierung nachhaltiger Technologien umgesetzt werden.

Unsere Forschungsaktivitäten umfassen:

- Entwicklung einer Methodik zur Abschätzung der Umweltwirkungen in der frühen Entwicklungsphase von Produkten
- Entwicklung eines Systems zur Nutzung von produkt- und standortspezifischen Energie- und Stoffströmen für eine feingranulare Erhebung sowie Ausweisung des ökologischen Fußabdrucks
- Identifikation und Integration von geeigneten Zielgrößen zur Steigerung der Nachhaltigkeit in der Produktionsplanung
- Verknüpfung der Gebäudeleittechnik mit der Produktionsplanung zur Realisierung eines ganzheitlichen Optimums hinsichtlich einer nachhaltigen Betriebsweise

Das Fraunhofer IGCV verfügt über vielfältiges Wissen rund um Nachhaltige Fabrikplanung und Betriebsstrategien. Lassen Sie uns gemeinsam an einer nachhaltigen, flexiblen und wandlungsfähigen Fabrik der Zukunft arbeiten. Nur so können wir die vielfältigen Herausforderungen meistern und die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes in Deutschland bei einer gleichzeitigen Transformation im Bereich der Nachhaltigkeit sicherstellen.

Kontakt

Dr.-Ing. Andrea Hohmann
Abteilungsleiterin
»Ganzheitliche Fabrikplanung« und
»Produktionsmanagement«
Tel. +49 821 90678-234
andrea.hohmann@
igcv.fraunhofer.de

Nachhaltigkeit als Leitmotiv in der Faserverbundtechnologie

Hochtechnologie trifft auf ökologischen Fokus: Am Fraunhofer IGCV werden innovative Materialsysteme und serienfähige Prozessrouten für die Produktion von nachhaltigen Composite-Strukturen erforscht. Die Arbeitsschwerpunkte erstrecken sich dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Materialbasis über die Anwendung bis in das Recycling und eine gesamtheitliche Bewertung.



Der Erfolg einer Gesellschaft wird nicht an der Fähigkeit gemessen, Konsumgüter im großen Stil zu produzieren, sondern an der Fähigkeit, dies zu tun, ohne einen Fußabdruck zu hinterlassen.«

Leistungsfähige Materialsysteme in Kombination mit wirtschaftlichen Produktionstechniken zu deren Herstellung stellen seit jeher einen entscheidenden Stellhebel zur technologischen Weiterentwicklung dar. Im Hinblick auf das Leitziel unserer Gesellschaft in Richtung nachhaltiger Ökonomie sind in den damit verbundenen Themenfeldern nach wie vor große Forschungsleistungen notwendig. Einerseits bestehen zahlreiche ökologische Motive, wie etwa die Einsparung endlicher Ressourcen sowie Energie und die Vermeidung bzw. Minimierung von Umweltbelastungen. Andererseits ist es essenziell, hieraus ökonomisch tragfähige Geschäftsfelder zu entwickeln, um eine breite Akzeptanz und spätere Marktdurchsetzung zu ermöglichen. Auch im Sinne einer international konkurrenzfähigen Kreislaufwirtschaft muss die Befähigung für eine Beständigkeit innerhalb stark globalisierter Handelsnetzwerke von Beginn an mit in die Technologieentwicklung einfließen.

Besondere Impulse gehen aktuell unter anderem aus den Bereichen nachwachsende Rohstoffsysteme sowie Wasserstoffwirtschaft und Elektromobilität hervor, die als entscheidende nationale Wachstumstreiber der Zukunft gelten. Infolge neuer Umweltauflagen, inklusive zunehmend strikterer Gesetzgebung im europäischen Raum vor dem Hintergrund der Begrenzung des Klimawandels sowie infolge eines immer stärker ausgeprägten öffentlichen Nachhaltigkeitsbewusstseins, sind weitere

technologische Umbrüche zu erwarten und bereits zu beobachten. In diesem Kontext ist in Richtung deutlich gesteigerter Nachhaltigkeit in vielen Bereichen bereits eine absolute Notwendigkeit erwachsen.

Der modernen Werkstoffklasse der Faserverbundwerkstoffe wird in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle zuteil. Als weitreichend etablierter Vertreter der Hochleistungswerkstoffe beweist die Materialklasse einerseits bereits in zahlreichen Anwendungsfällen die real-wirtschaftliche Umsetzung ökologischer Prinzipien. Beispiele erstrecken sich vom konkurrenzlosen Einsatz für Rotorblätter in Windenergieanlagen bis in den Mobilitätsbereich im Hinblick auf moderne Flugzeug-, Zug- und Automobil-Anwendungen. Andererseits bleiben auf dem Stand der Technik weitere Nachhaltigkeitspotenziale noch ungenutzt, wie etwa im Zusammenhang mit zunehmend biobasierten Ausgangsstoffen, energie- und rohstoffeffizienten Verarbeitungsverfahren sowie eines geschlossenen stofflichen Recyclingkreislaufs.

Vor diesem übergeordneten Hintergrund setzt das Fraunhofer IGCV gezielt einen Forschungsfokus im Bereich nachhaltiger Verbundwerkstoffe mit hohem Anwendungsbezug. Dabei nutzt das Institut seinen Schwerpunkt in den Themenfeldern Engineering, Produktion und Multimateriallösungen und eröffnet durchgängige Innovationen auf der Ebene der



Nassvlies-Pilotanlage des Fraunhofer IGCV im Technikumsmaßstab für die Herstellung hochleistungsfähiger technischer Vliesstoffe in nahe-industrieller Produktionsumgebung

Fertigungsprozesse und Materialwissenschaften. Ein Alleinstellungsmerkmal ergibt sich in Bezug auf die vorhandenen Verarbeitungstechnologien, die als Pilotanlagen im industriellen Maßstab zur Entwicklung genutzt werden. Entlang moderner Prozessketten, etwa aus den Bereichen Automated Fiber Placement (ATL, FPP und ATL), Pultrusion und Vliesstofftechnik, können Faserverbundwerkstoffe jeglicher Faserlänge, von der Stapelfaser bis zum Endlos-Filament, zu hochleistungsfähigen Halbzeugen und Composites weiterverarbeitet werden.

Forschungsbereich: Hochleistungsfähige Bauweisen

Faserverstärkte Verbundwerkstoffe leisten im Segment hochleistungsfähiger Strukturbau- teile bereits einen wichtigen Beitrag im Sinne produktbasierter Nachhaltigkeit. Besonders im Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik kann diese Werkstoffklasse ihre Mehrwerte voll ausspielen, sodass beispielsweise sämtliche etablierten Flugzeugmodelle für Mittel- und Langstreckenverbindungen bereits zu sehr hohen Anteilen aus Faserverbundwerkstoffen aufgebaut sind. Aber auch für das übergeordnete Anwendungsfeld der effizienten Mobilität, von Urban Air Mobility Systemen über Kurzstrecken-Flugzeugmodelle bis hin zu Automotive- und Schienenverkehrs- anwendungen, stellen derartige Materiallösungen

entscheidende Schlüsseltechnologien dar. Um den Anspruch nach höchstmöglicher Leistungsfähigkeit mit nachhaltigen Material- und Prozesssystemen zu verbinden setzt das Fraunhofer IGCV auf einsatzoptimierte Leichtbau- konzepte mit minimiertem Materialaufwand, lastpfadgerechte Konstruktionsentwürfe mit idealer Materialausnutzung und minimierter Verschnitt-Rate, aber auch einen hohen Grad an paralleler Funktionsintegration. Hierfür werden insbesondere Technologien aus dem Bereich des automatisierten Fiber Placements sowie Patch Placement und Tape Placement genutzt. Somit wird garantiert, dass jede eingesetzte Verstärkungsfaser bestmöglich im Sinne der Einsatzanforderung genutzt wird.

Eine unter Mitwirkung des Instituts kooperativ erarbeitete Technologieentwicklung aus diesem Segment liegt im »Door-Surround- Spant« der Airbus A350-1000 Modellreihe. Nach einer Begleitung der Bauteilentwicklung von TRL2 bis in die Luftfahrt-Zertifizierung, wird dieses inzwischen in Serie durch ein Partner-Unternehmen produziert. Das signifi- kant erhöhte Leichtbaupotenzial des Bauteils ermöglicht eine direkte Kraftstoffeinsparung im Flugbetrieb. Die demonstrierte Kombina- tion nachhaltiger Prinzipien mit ausgeprägter Konstruktionsfreiheit und Kosteneffizienz wird derzeit auf verschiedene weitere Bauteilstruk- turen übertragen.

Forschungsbereich: Großserienfähige Prozesstechnologien

Im aktuellen Verbundwerkstoff-Marktumfeld existieren zahlreiche Einsatzgebiete, die eine besondere Anforderung in Bezug auf großserienfähige Produktion aufweisen. Hinzu kommt die Notwendigkeit größtmöglicher Reproduzierbarkeit bei durchgängiger Qualitätssicherung, wobei jedoch relativ schmale Kostenkorridore eingehalten werden müssen. Ein besonders populäres Beispiel aus diesem Segment findet sich in der Fertigung von Rotorblättern für moderne Windenergieanlagen. Im Zuge der anhaltenden Energiewende, sowie auf Basis der Bestrebung langfristig belastbarer Energiemärkte erlebt diese Branche einen anhaltend starken Aufschwung. Entsprechend ist ein enormer Anstieg der notwendigen Produktionsmengen zu verzeichnen, sodass durchsatzstarke Herstellungsmethoden erforderlich sind.

Das Fraunhofer IGCV setzt in diesem Bereich unter anderem auf den Einsatz von Pultrusions-Technologie. Neben klassischerweise unidirektional verstärkten Profilstrukturen eröffnen innovative Prozessvariationen die Einbringung zusätzlicher Lastrichtungen etwa mittels Flecht- oder Umwindeverfahren. Im Hinblick auf obiges Beispiel für Windrotorblätter besitzt das Institut umfangreiche Aktivitäten in Bezug auf sogenannte »spar caps« als zentral-lasttragende Verstärkungselemente der Windrotorblätter. Außerdem ist ein materialeitiges Bestreben in Richtung erhöhter Nachhaltigkeit zu verzeichnen. Aktuelle Forschungsaufgaben beziehen sich deshalb auf den Einsatz bio-basierter und/oder recyclingfähiger Matrixsysteme sowie auf die Nutzung nachhaltiger Verstärkungsfasern. Von der direkten Nutzung von Naturfasern bis zum Einsatz von myzelbasierten Sandwichkern-Elementen ergibt sich ein breitgefächertes Forschungsportfolio.

Forschungsbereich: Stoffliche Kreislaufführung und Recycling von Faserwerkstoffen

Im Zuge der immer weiter etablierten Nutzung von Faserverbundwerkstoffen ist inzwischen auch der Umgang mit den parallel

ansteigenden Abfallströmen von immer größerer Bedeutung. Besonders im Bereich der stofflichen Aufbereitung und Nutzung im Rahmen eines zweiten Produktlebenszyklus liegt maßgebliches Potenzial, welches bisher noch nicht ausreichend ausgeschöpft wird. Die entlang der Bauteilhistorie anfallenden Stoffströme sind dabei klar zwischen Verschnitt-, Ausschuss- sowie End-of-Life-Abfällen zu unterscheiden. Für jede Variation dieser »Second-Life-Rohstoffe« ergeben sich spezifische Anforderungen und Nutzungsmöglichkeiten. Während im Bereich der Faseraufbereitung in den vergangenen Jahren große Entwicklungserfolge verzeichnet wurden, aus denen bereits ein eigener Industriezweig erwachsen ist, liegt der aktuelle Fokus in der Weiterverarbeitung derartig zurückgewonnener Faserfraktionen.

Am Fraunhofer IGCV wird zu diesem Zwecke intensiv an der Herstellung technischer Vliesstoffe geforscht. Hierfür steht am Institut eine spezifisch angepasste Pilotlinie im Technikumsmaßstab zur Verfügung. Die zahlreichen material- und prozessseitigen Stellgrößen für die Erzeugung von technischen Vliesstoffen bzw. vliesstoffbasierten Verbundwerkstoffen sind einerseits forschungsseitig mit Herausforderungen verbunden, bieten andererseits aber entscheidende Leistungspotenziale. Somit lassen sich derartige Werkstoffe etwa hinsichtlich ihrer mechanischen und funktionellen Eigenschaften gezielt an die Einsatzanforderung anpassen. Die aktuellen Forschungserfolge werden in direkter Kooperation mit Partnerunternehmen bereits auf Bauteilebene industriell erprobt und zeichnen ein erstes zukünftiges Bild einer potenziell geschlossenen Kreislaufführung für Faserverbundwerkstoffe.

Forschungsbereich: Ganzheitliche Bewertung

Im Kontext nachhaltiger Bauweisen und Produktkonzepte ist die belastbare Erfassung und vergleichende Bewertung unterschiedlicher Systemlösungen essenziell. Hierbei muss der gesamte Produktlebenszyklus in die Betrachtungen mit einbezogen werden, um ein ausreichend genaues Gesamtbild der Situation zu ermöglichen. Ein besonders



Pull-Braiding-Prozess zur Herstellung leistungsfähiger, dünnwandiger multiaxial-verstärkter Hohlstrukturen

populäres Bewertungskriterium liegt im sogenannten CO₂-Äquivalent, jedoch sind je nach spezifischem Einsatzgebiet zahlreiche weitere Wirkungskategorien möglich und notwendig. Um also die weitreichenden Variationen im Umgang mit Faserverbundwerkstoffen – von verschnittarmen und lastpfadorientierten Konstruktionsdesigns, über den Einsatz biobasierter oder recycelter Ausgangsstoffe, bis zum weiteren Umgang nach dem Produktlebensende – bestmöglich zu erfassen und sinnvolle Entwicklungsrichtungen zu identifizieren, liegt ein eigener Schwerpunkt am Fraunhofer IGCV in dieser Bewertungsmethodik. Hierfür wurde in Kooperation mit weiteren Industrie- und Forschungspartnern eine eigene Datengrundlage auf Basis einer marktüblichen Bilanzierungsumgebung geschaffen, die inzwischen umfangreich zum Einsatz kommt. Dabei besteht zusätzlich eine wichtige Schnittstelle zu Arbeitsbereichen in Bezug auf digitale, sprich automatisierte und algorithmenbasierte Bewertungsmodelle aus dem Bereich der »Digital Circular Economy«. Neben dieser ganzheitlichen Betrachtungsebene werden

aber auch deutlich spezifischere Teillösungen adressiert und individuell bewertet. Somit kann für die Forschungsarbeit des Instituts stets ein zentrales Augenmerk auf die Nachhaltigkeit der erforschten Material- und Prozesslösungen sichergestellt werden.

Neben den genannten Beispielen für Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IGCV lassen sich zahlreiche weitere Aktivitäten am Institut unter dem zentralen Leitbild der nachhaltigen Ökonomie vereinen. Dabei sieht es das Institut als seine Aufgabe, in seinen anwendungsorientierten Tätigkeitsbereichen maßgeblich zu einer effektiven Umsetzung beizutragen und somit nachhaltige Technologieentwicklungen innerhalb der Faserverbundbranche effektiv voranzubringen.

Kontakt

Dipl.-Ing. Jakob Wölling
Abteilungsleiter
»Recycling und nachhaltige
Composite Materialien«
Tel. +49 821 90678-231
jakob.woelling@
igcv.fraunhofer.de

Additive Multimaterialverarbeitung neu gedacht

Das Projekt MultiMat-Bav-II verfolgt das Ziel, Innovationen im Bereich der Multimaterialverarbeitung bei additiven Fertigungstechnologien zu ermöglichen. Das Vorhaben unterteilt sich in vier Technologieprojekte aus allen Wissenschaftsbereichen des Fraunhofer IGCV.

Reinforced Sand

Die Gießereitechnik ermöglicht im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren die Herstellung von sowohl kostengünstigen als auch geometrisch komplexen Bauteilen. Großserien bedienen sich dabei an Dauerformen aus Metall, bei Mittel- und Kleinserien kommen jedoch mehrheitlich verlorene Formen zum Einsatz, die nach dem Gießzyklus zerstört werden und somit nur einmal verwendet werden können. Um die Produktionskette beim Sandguss zukünftig umweltfreundlicher und nachhaltiger gestalten zu können, widmet sich das Teilprojekt neuen Lösungen für Bindersysteme und ermöglicht einen effizienten Rohstoffeinsatz durch die Wiederverwendbarkeit der Formen. Im bisherigen Projektverlauf konnte gezeigt werden, dass sich die Sandformen durch das Einbringen von Verstärkungsfasern, wie beispielsweise Glasfasern, zäher

verhalten und einen höheren Widerstand gegen Rissausbreitungen aufwiesen. Dadurch ist es möglich, dass faserverstärkte Formen beim Gießvorgang im Vergleich zu konventionellen Formen durch Heißverformung nicht zerstört werden und Mehrfach-Abgüsse möglich sind. Im weiteren Projektverlauf soll neben einer Verbesserung der Oberflächenqualität auch die Integration in ein 3D-Druck-Verfahren erfolgen.

Accuracy

Für die Additive Fertigung von Multimaterialbauteilen können sowohl Directed Energy Deposition-Verfahren (DED-Verfahren) als auch pulverbettbasierte Verfahren eingesetzt werden. Das Teilprojekt adressiert einen Vergleich des pulverbettbasierten Laser-Strahlschmelzens mit dem DED-Verfahren Kaltgas-spritzen hinsichtlich der Eignung zur Fertigung metallischer Multimaterialbauteile anhand der Kriterien Kosten, Qualität und Zeit. Mit dem Ziel, quantitative Konstruktionsrichtlinien für Multimaterialbauteile und zugehörige Kostenmodelle zu erzeugen, sollen die Grenzen der generierbaren geometrischen Komplexität von Multimaterialbauteilen ermittelt werden. Die Anwendung dieser werkstoffpaarungsspezifischen Konstruktionsrichtlinien soll branchenübergreifend möglich sein.

In der bisherigen Projektlaufzeit konnte das Ziel erreicht werden, die Querkontamination zu senken und somit einen weitestgehend sortenreinen Auftrag beider Pulverwerkstoffe zu ermöglichen. Im weiteren Projektverlauf soll



Projekt REINFORCED SAND: Mehrfach-Abguss mittels faserverstärkter Sandform (links); Bruch der Form ohne Verstärkungsfasern nach einem Abguss (rechts)



Projekt ACCURACY: Schnittmodell einer Brennkammer eines Raketentriebwerks mit integrierten Kühlkanälen in verkleinertem Maßstab aus den Werkstoffen CW106C und 1.2709, gefertigt im MM PBF-LBIM Prozess

eine Datenbank zur Multimaterialverarbeitung der gewählten Werkstoffe, entsprechend der Norm DIN EN ISO 17296-3:2016-12 (Klasse L), erarbeitet werden.

Coldspraymult

Beim Kaltgasspritzen werden duktile Pulverpartikel mittels eines hochverdichteten, erhitzten Gases in einer Düse beschleunigt und auf eine Oberfläche geschossen, was zur Bildung einer dichten Schicht führt. Im Teilprojekt COLDSPRAMULT wird die Eignung und Weiterentwicklung des Hochdruck-Kaltgasspritzens ausgehend von einem Beschichtungsverfahren hin zum Aufbau komplexer Strukturen betrachtet. Durch eigens für das Kaltgasspritzen angepasste Bahnplanungs- und Aufbaustrategien sowie geeignete Prozessüberwachungsmethoden soll der Aufbau von dreidimensionalen Körpern mit unregelmäßigen Geometrien konturnah ermöglicht werden. Dadurch kann ein Beitrag zur Etablierung des Kaltgasspritzens in der Additiven Fertigung geleistet werden.

Im bisherigen Verlauf des Teilprojekts konnten Faktoren bestimmt und getestet werden, die einen Einfluss auf die finale Geometrie von Bauteilen haben können. Im weiteren Projektverlauf sollen die Erkenntnisse aus der bisherigen Herstellung des zylindrischen

Volumenkörpers zur Herstellung gekrümmter Oberflächen und von Überhängen übertragen und eine Realisierung von Multimaterialkomponenten angestrebt werden.

Real3DComposites

Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) werden heute aufgrund ihres Leichtbaupotenzials in vielfältigen Applikationen unter anderem in den Bereichen Energiegewinnung, Transport, Bau und Infrastruktur eingesetzt. Ein Grund hierfür ist, dass die Kombination unterschiedlicher Matrix- und Fasermaterialien gezielte Eigenschaftsprofile von Strukturbauteilen ermöglicht. Das größte Verstärkungspotenzial hinsichtlich mechanischer Festigkeitseigenschaften liegt dabei in der Verwendung von Endlosfasern, da diese eine erhöhte geometrische Gestaltungsfreiheit aufweisen. Das primäre Ziel des vorliegenden Projekts ist es, auf konventionell hergestellte endlosfaserverstärkte FVK-Bauteile Anbaustrukturen mittels additiver Fertigungsverfahren anzubringen. Im bisherigen Projektverlauf konnten Wechselwirkungen zwischen den herrschenden Prozessparametern und den daraus resultierenden Materialeigenschaften zur Eliminierung von Störgrößen ermittelt werden. Bis Projektende soll die Ablage über einen Roboter zur Erzeugung von komplexen Demonstrator-Strukturen realisiert werden.



Erschließung neuer Anwendungsmöglichkeiten für die additive Multimaterialverarbeitung»

Kontakt

Fabian Herzer, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Qualität und technische Sauberkeit«,
Gesamtprojektleiter
Tel. +49 821 90678-186
fabian.herzer@
igcv.fraunhofer.de

KI in der Produktion – Der Schlüssel zum Erfolg

Das am Fraunhofer IGCV angesiedelte KI-Produktionsnetzwerk ermöglicht die Digitalisierung und Vernetzung von hoch innovativen Anlagen und Prozesslinien, um effektiv Prozess- und Produktdaten zu erfassen. Dies ist eine Grundvoraussetzung zur Anwendung einer Künstlichen Intelligenz.



Die »Schlaue
Produktion«
ist der
zukünftige
Meilenstein der
Industriali-
sierung«

Das öffentlich geförderte Vorhaben »KI-Produktionsnetzwerk@IGCV«, dessen Finanzierung 2021 an lief, ist in die Förderinitiative »Hightech Agenda Plus« des Freistaats Bayern eingebettet und umfasst sechs Teilprojekte. Die Vorhaben gliedern sich in die gemeinsame Forschungsinfrastruktur des KI-Produktionsnetzwerks Augsburg ein. Die übergeordnete Zielstellung des Vorhabens am Fraunhofer IGCV ist dabei die Entwicklung von innovativen Fertigungstechnologien beziehungsweise Anwendungen Künstlicher Intelligenz (KI) in der Produktion und der damit verbundene Wissens- und Anwendungstransfer in die Unternehmen zum erfolgreichen Wandel in der Digitalen Transformation. Die geplanten Investitionen und Ergebnisse des Forschungsvorhabens sollen die Rahmenbedingungen schaffen, um produzierenden Unternehmen Zugang zu modernster Produktionstechnologie zu bieten und ihre Konkurrenzfähigkeit im globalen Wettbewerb zu sichern.

Neben Investitionen in neue Anlagen und Komponenten sind auch die Erweiterung und Digitalisierung bestehender Anlagen und die Vernetzung einer Vielzahl an Produktionsressourcen am Fraunhofer IGCV geplant. Im Rahmen der Erweiterung und Digitalisierung werden im Labormaßstab Einzelanlagen und Produktionslinien mit zusätzlicher Sensorik und Messtechnik ausgestattet sowie ihre Informationsschnittstellen angebunden. Die Vernetzung beinhaltet die Verbindung der Ressourcen mit übergeordneten Informations- und Analysesystemen, um umfassend Prozess-, Zustands-, Qualitäts- und Produktdaten zu

speichern und diese sowohl in Echtzeit als auch Offline zu verarbeiten. Die Vernetzung ist die Basis für die Identifikation von Korrelationen sowie für die Entwicklung von Anwendungen mit Methoden und Algorithmen der KI. Die Ergebnisse sollen die Potenziale der Digitalisierung, der Beherrschung innovativer Fertigungstechnologien sowie der Optimierung von Wertschöpfungsprozessen mittels KI-Anwendungen aufzeigen. Durch das Vorhaben können neuen KI-Anwendungen in der Produktion auf ein marktreifes Niveau entwickelt und die Methoden und Werkzeuge beziehungsweise KI-Anlagen und -komponenten den Unternehmen der Region zugänglich gemacht werden.

Digitalisierung und Optimierung der AFP-Prozesskette mittels KI

Die zentrale Investition des Fraunhofer IGCV im Rahmen des »KI-Produktionsnetzwerk@IGCV« ist die weltweit modernste Anlage für Automated Fiber Placement (AFP) im Rahmen des Teilprojekts »KI@Fiber Placement«. Die AFP-Technologie wird vor allem in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt, um komplexe Bauteile aus carbonfaserverstärktem Kunststoff zu produzieren, etwa Tankstrukturen für die Ariane 6 oder Spante für den Rumpf des Airbus A350. Die Forschenden des Fraunhofer IGCV entwickeln den Digitalen Zwilling der Anlage und der Produkte, um mit Algorithmen der KI die AFP-Technologie weiter zu optimieren und den Technologievorsprung in Bayern zu sichern.



Pultrusionsanlage des Fraunhofer IGCV ausgestattet mit einem Flechter an der Faserzuführung zur Pultrusion und der Harzinjektionsanlage (links)

Nassvliese aus Recyclat-Fasern – hergestellt mit KI-Unterstützung

Technische Nassvliesstoffe verfügen über herausragende Eigenschaftsprofile und ergänzen die klassische Trockenvliesherstellung sowie deren Anwendungsfelder sowohl in zusätzlichen Qualitätsmerkmalen als auch in Bezug auf Performance und Preis. Im Teilprojekt »KI@Nonwoven« steht die Entwicklung von Nassvliesstoffen mit Augenmerk auf den Einsatz von recycelten Carbonfasern im Fokus. Dabei sollen anwendungstechnisch und wirtschaftlich tragfähige Lösungen entwickelt werden, um für die künftig zu erwartenden Rückflüsse dieses innovativen Faserverbundwerkstoffs gewappnet zu sein. Die Einsatzbereiche derartiger technischer Nassvliese sind äußerst vielfältig und reichen von einfachen Verkleidungsteilen bei Motorrädern bis hin zu Gasdiffusionsschichten für Wasserstoff-Brennstoffzellen.

Die Digitalisierung der Nassvliesanlage samt Anlagentechnik erfolgt über die Industrial Edge-Technologie. Damit ist es möglich, die Nassvliesherstellung vor Ort zu begleiten und Prozessabhängigkeiten durch den Einsatz von KI-Lösungen zu identifizieren. Die erklärte Zielstellung ist es, die Kreislaufwirtschaft durch die Verwendung von Recyclaten voranzubringen und Forschungspartner mit Produktinnovationen in diesem Feld zu

unterstützen. Hierfür steht die Anlagentechnik als Pilotlinie für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Verfügung.

Optimierung der Pultrusion durch den Einsatz von KI

Die Pultrusion ist eine der wirtschaftlichsten Verfahrenstechnologien für die kontinuierliche Herstellung von Faserverbundstrukturen. Neueste Entwicklungen befassen sich mit thermoplastischen Matrixsystemen. Diese erlauben eine nachträgliche Umformung und erweitern das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten für die Pultrusion, stellen allerdings Betreiber und Anlagenentwickler vor neue Herausforderungen. Diesbezüglich sind eine innovative Werkzeugtechnik, eine durchgängige Digitalisierung bis hin zur KI-basierten Regelung von Teilprozessen essenziell, um fehlerfreie Halbzeuge wirtschaftlich fertigen zu können. Ziel des Teilprojekts »KI@Pultrusion« ist es, bestehende Pultrusionsanlagen auf einen für die Entwicklung und Anwendung von KI-Lösungen notwendigen Stand zu heben. Fokussiert wird dabei, die Prozessdaten und die Daten weiterer Messsysteme zentral durch die Industrial Edge-Technologie zu erfassen und für die zukünftige Entwicklung von KI-basierten Lösungen, zum Beispiel für die Prozessstabilisierung oder Qualitätssicherung, bereitzustellen.

High-Performance-Faserverbundstrukturen basieren auf KI

Additive Manufacturing Technologien zeigen bereits heute ein breites Potenzial in der effizienten und maßgeschneiderten Bauteilfertigung in zahlreichen Anwendungsbereichen. Die Verbindung der Endlosfaserablage mit dem Fused Deposition Modeling oder dem Liquid Deposition Modeling-Prozess bietet im Teilprojekt »KI@Depositon Modeling« die Chance, etablierte additive Fertigungsverfahren weiterzuentwickeln, wodurch die Fertigung von High Performance Faserverbundstrukturen ermöglicht wird. Die Verfahrens- und Prozessoptimierung mittels KI-basierter Algorithmen erweitert die Freiheitsgrade hinsichtlich Formgebungsfreiheit und Bauteilherstellung in Bezug auf neue Ansätze für den hybriden Leichtbau unter dem Augenmerk der Funktionsintegration. Die Prozesskomplexität lässt sich durch evolutionäre KI-Algorithmen beherrschen. So wird der Prozess in Abhängigkeit der Viskosität und des Imprägnierverhaltens der Faser-Matrix-Kombination gesteuert. Gerade die Fertigung von kleineren bzw. komplexeren Bauteilen wird dadurch ermöglicht.

Intelligente Urformtechnik durch KI-basierte Online-Überwachungssysteme

Die Befähigung von produzierenden Unternehmen zur intelligenten Urformtechnik mit dem Schwerpunkt eines KI-basierten Online-Überwachungssystems steht im Mittelpunkt des Teilvorhabens »KI@Metal Production«. Hierzu wird ein Prüflabor aufgebaut, das die Erforschung der für KI notwendigen Eigenschaftsvektoren der betrachteten Prozesse ermöglicht, damit Produktionsunternehmen zielsicher in aussagekräftige Sensorik investieren können. Des Weiteren steht der Aufbau eines Daten- und Rechenserversystems in Kombination mit mobilem wie flexiblem Equipment zur Prozess- und Qualitätsdatenaufnahme im Fokus des Vorhabens. Mit diesem können unter Einhaltung der Datensicherheit risiko- und investitionsarm KI-Anwendungen an den Anlagen der Industriepartner prototypisch gezeigt werden. Vorhandene Wissenslücken bei Endanwendern, als eine

der Haupthindernisse von KI-Anwendungen, sowie fachliche und betriebswirtschaftliche Hindernisse sollen abgebaut werden.

Datenbasierte Entwicklung und Optimierung von vernetzten Wertschöpfungsketten

Im Vorhaben »KI@Vernetzte Wertschöpfungsprozessketten« erfolgt die datenbasierte Entwicklung und Optimierung von vernetzten Wertschöpfungsprozessketten zur Gewährleistung eines nachhaltigen und wertschöpfungsorientierten KI-Produktionsnetzwerkes anhand eines Demonstrator-Produkts. Dieses repräsentiert die typischen Wertschöpfungsanteile von produzierenden Unternehmen, welche zukünftig eine weitere Reduzierung des CO₂-Ausstoßes sowie eine energieoptimierte Produktion nachweisen müssen. Alle relevanten Prozesse und Module zur Herstellung des Demonstrators sind über die aufzubauende IT-Referenzarchitektur innerhalb des Produktionssystems vernetzt und über den Digitalen Zwilling gesamtseitlich abgebildet. Die Produktionsdaten können bei Bedarf mit vorbeziehungsweise nachgelagerten Prozessen verknüpft werden. Potenziale des Zusammenspiels unterschiedlicher Materiallösungen und Fertigungstechnologien mittels einer datenbasierten Gestaltung und Optimierung von vernetzten Prozessketten werden ersichtlich. Des Weiteren werden Logistikprozesse mit adaptiven, autonomen Systemen und mit Sensorik ausgestattet, welche die verschiedenen Produktionsbereiche verbinden.

Förderer



Kontakt

Dr.-Ing. Martin Feistle
Leitung
»KI-Produktionsnetzwerk@
IGCV«
Tel. +49 821 90678-158
martin.feistle@
igcv.fraunhofer.de

Neues aus dem Institut

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart in den Ruhestand verabschiedet	58
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub ist neuer Institutsleiter am Fraunhofer IGCV ..	59
Eröffnung des neuen Gießereitechnikums des Fraunhofer IGCV	60
Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg: Erfolg weiterführen	61
Neues White Paper informiert über ungenutzte Potenziale der Additiven Fertigung	62
White Paper informiert über resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie	63
Neuer Leitfaden informiert über den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern	64
Girls'Day 2022 am Fraunhofer IGCV	65
»What matters?«: Forschungsaufenthalt in Cambridge	66
Forschungsaufenthalt am SZTAKI	67



Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart in den Ruhestand verabschiedet

Zum 1. Oktober 2020 wurde Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Mitbegründer des Fraunhofer IGCV und Leiter des Wissenschaftsbereichs Verarbeitungstechnik, emeritiert.



Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

Als Gründer und Leiter der Projektgruppe Ressourceneffiziente Mechatronische Verarbeitungsmaschinen RMV des Fraunhofer IWU hat Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart schon früh die produktions- und verarbeitungstechnische Forschung in Augsburg etabliert. Aus der Projektgruppe RMV entstand zusammen mit der Projektgruppe Funktionsintegrierter Leichtbau FIL sowie der Arbeitsgruppe Gießereiwesen des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen (utg) der Technischen Universität München die Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV. Als Institutsleiter der ersten Stunde spielte Professor Reinhart bei der Gründung eine zentrale Rolle.

Seitdem trug er maßgeblich zum Erfolg des Fraunhofer IGCV bei und trat schließlich kurz nach der Institutsverdung im Jahr 2020 seinen wohlverdienten Ruhestand an.

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart hat in seiner Laufbahn verschiedene Funktionen in Wissenschaft (Technische Universität München) sowie Wirtschaft (BMW AG, IWKA AG) wahrgenommen und sich beispielsweise in jüngerer Zeit mit cyber-physischen Produktionssystemen, mobilen kooperativen Robotern oder der Batterieproduktion beschäftigt. Neben dem Fraunhofer IGCV leitete er das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München und war dort 27 Jahre lang Ordinarius des

Lehrstuhls für Betriebswissenschaften und Montagetechnik.

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart war Mitglied bei mehreren wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien (acatech, WGMHI, CIRP, WGP und WiGeP). Er hat ca. 800 Veröffentlichungen in führenden Fachzeitschriften publiziert und ist Autor bzw. Herausgeber von zwölf Büchern und zwei Buchreihen.

Am Fraunhofer IGCV war Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart Teil der dreiköpfigen Institutsleitung und übernahm zudem in den Jahren 2016 bis 2019 die geschäftsführende Leitung des Instituts.

Nach langen Jahren des intensiven Engagements wurde Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart zum 1. Oktober 2020 emeritiert. Für seinen Ruhestand wünscht ihm das gesamte Fraunhofer IGCV alles Gute.

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub ist neuer Institutsleiter am Fraunhofer IGCV

Am 1. Juni 2021 übernahm Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub die Leitung des Wissenschaftsbereichs Verarbeitungstechnik am Fraunhofer IGCV. Seitdem steht er gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler und Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk an der Spitze des Instituts.

Professor Rüdiger Daub studierte Elektro- und Informationstechnik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und arbeitete anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität München (TUM) am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften *iwb*. Dort promovierte er im Bereich der Laser-Materialbearbeitung. Nach der Promotion stieg er bei der BMW Group ein und war dort fast neun Jahre in der Technologieentwicklung tätig. Zuletzt war er als Leiter Technologieentwicklung und Prototypenbau für die Elektrodenproduktion verantwortlich. Neben der Prototypenfertigung baute er das Battery Cell Competence Center mit auf, dessen Ziel es ist, die Technologie der Batteriezelle voranzutreiben und Produktionsprozesse zu optimieren.

Professor Daub übernimmt den Wissenschaftsbereich Verarbeitungstechnik von Professor Gunther Reinhart, der die Gründung des Fraunhofer IGCV maßgeblich vorangetrieben hat und sich 2020 nach vielen Jahren erfolgreichen Wirkens in den wohlverdienten Ruhestand verabschiedete.

Zusätzlich zur Institutsleitung folgt Professor Daub dem Ruf an die Technische Universität München (TUM). Dort übernimmt er den neu eingerichteten Lehrstuhl für Produktionstechnik und Energiespeichersysteme am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften *iwb*.

In seiner Doppelfunktion als Institutsleiter und Lehrstuhlinhaber wird Rüdiger Daub die bewährten strategischen Synergien zwischen TUM und Fraunhofer IGCV weiter vertiefen. »Hier kann ich Forschungsergebnisse in anwendungsorientierte Projekte transferieren – so entsteht Wirksamkeit«, sagt Daub. Einen Schwerpunkt der Forschung am Fraunhofer IGCV sieht Prof. Daub in der Batteriezellenfertigung: »Bei BMW hat mich die Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen von Anfang an fasziniert. Die technische Komplexität in der Produktion ist eine Herausforderung. Gleichzeitig brauchen wir als Gesellschaft diese Energiespeicher, um eine nachhaltige Zukunft gestalten zu können«, betont Daub. »Für mich war es deshalb etwas ganz Besonderes, das BMW Batteriezellen-Kompetenzzentrum mit aufzubauen – eine Plattform, um alle Eigenschaften von Batteriezellen kontinuierlich zu verbessern.« Solche Konzepte, so Daub, seien notwendig, um in Zukunft international wettbewerbsfähige, nachhaltige Produkte zu entwickeln und produzieren zu können. »Forschung im Bereich von Batteriezellen stärkt und sichert die Wettbewerbsfähigkeit des Technologiestandorts Deutschland.«

Mit seiner langjährigen Erfahrung aus der Automobilindustrie wird Rüdiger Daub gezielt inhaltliche Schwerpunkte am Institut setzen. So wird er unter anderem das immer wichtiger werdende Thema Batteriezellenfertigung vorantreiben.



Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub

Eröffnung des neuen Gießereitechnikums des Fraunhofer IGCV

Zwei Jahre nach der Grundsteinlegung konnte das neue Gießereitechnikum des Fraunhofer IGCV in Garching bei München am 13. Oktober 2021 eingeweiht werden. Im Rahmen eines Festakts wurden viel Lob und Anerkennung geäußert.

Das neue Gießereitechnikum in Garching



Die Gäste zeigten sich beeindruckt von dem neuen Gebäude, das künftig der Forschung an jedem Schritt des Gießvorgangs eine Heimat bietet – von der Formherstellung bis zum Veredelungsprozess.

Der Wissenschaftsbereich »Gießereitechnik« gehört zu den Kernkompetenzen des Fraunhofer-Instituts für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV. Mit großem Elan arbeiten die Forscherinnen und Forscher an individuellen Lösungen für die Industrie, um das Wissen und innovative Entwicklungen direkt in industrielle Anwendungen zu transferieren.

Im Fokus der Arbeit am Fraunhofer IGCV in Garching stehen dabei vor allem die Themengebiete Formstoffe, Sand- und Kokillengießverfahren sowie die Simulation. Neben neuartigen Ansätzen bei der Kombination von Formgrundstoffen, der Vorhersage von Gießprozessen und der Integration von Qualitätssicherungsmaßnahmen erforschen die wissenschaftlichen Mitarbeitenden die Einbettung von gießtechnischen Systemen in steuerungstechnische Gesamtlösungen und widmen sich so den Potenzialen der Industrie 4.0.

Im neuen Gebäude wird an jedem einzelnen Schritt des Gießvorgangs geforscht und Weiterentwicklungen vorangetrieben. Dies spiegelt sich auch im Gebäudecharakter wider. Von der Innenarchitektur bis zur Außenfassade leiten sich die Materialien von den Grundstrukturen der Rohstoffe und den Gießereimaterialien ab. Form- und Kernsand sowie metallische Oberflächen prägen das Erscheinungsbild des neuen Gebäudes.

Auf der 1.500 Quadratmeter großen Hauptnutzfläche werden künftig verschiedene Funktionsbereiche untergebracht. Im Zentrum steht dabei die Gießereihalle, ergänzt durch Werkstätten, Laborbereiche, Besprechungs- und Seminarräume, Office-Bereiche für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Verwaltung sowie Gemeinschafts- und Kommunikationszonen.

Das neue Gießereitechnikum steht auf einer 36.500 Quadratmeter großen Fläche, auf der der neue Fraunhofer-Forschungscampus entsteht. Neben dem Fraunhofer IGCV hat dort bereits das Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC ein Gebäude bezogen. Zukünftig siedelt sich dort auch das Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS an.

Der neue Fraunhofer-Forschungscampus steht in unmittelbarer Nähe zum Garching Campus der Technischen Universität München. Bereits bestehende Strategie- und Synergieeffekte mit den benachbarten natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten und Einrichtungen können besser genutzt und weiter ausgebaut werden.

»
Eine neue
Heimat für
die Gießerei-
technik«

Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg: Erfolg weiterführen

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Augsburg folgt seit dem 1. März 2022 das Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg. Fokus des Fraunhofer IGCV liegt im nutzergerechten Wissenstransfer für eine digitale und nachhaltige Produktion.

Ziel des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Augsburg war es, Unternehmen in ganz Bayern zu Digitalisierungsthemen zu vernetzen, weiterzubilden und durch Best-Practice-Beispiele zu inspirieren. Die zentralen Angebote des Augsburger Zentrums waren Infoveranstaltungen, Infomaterialien, Schulungen, Webinare, Factory- und Lab-Touren, Expertennetzwerke sowie Potenzialanalysen und Projektunterstützungen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU).

Mithilfe der Bausteine Informieren, Qualifizieren und Umsetzen wurden gezielt die Defizite kleiner und mittlerer Unternehmen adressiert. Gemäß dem jeweiligen Digitalisierungsgrad konnte für jeden Betrieb ein individueller Lernpfad entwickelt und verfolgt werden. Dabei spielte stets auch das Wohl der Mitarbeitenden eine wichtige Rolle, da diese einen essenziellen Aspekt für eine erfolgreiche Gestaltung der Digitalen Transformation darstellen. Mit den zuvor genannten zentralen Leistungen des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Augsburg wurden in den vergangenen fünf Jahren insgesamt über 131.000 Personen aus rund 10.000 Unternehmen erreicht.

An diesen Erfolg knüpft 2022 das Mittelstand-Digital Zentrum Augsburg an. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert das Fraunhofer IGCV, das Fraunhofer IIS, den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA Bayern, die Technische Universität München (*iwb* und *fml*), fortiss und ibi research für weitere drei Jahre, um KMU einen niederschweligen und kostenfreien Einstieg mit hohem Praxisbezug



Das Mittelstand-Digital Mobil ist ein Ausstellungsraum mit praxisnahen Demonstratoren für die Digitalisierung in der Industrie, die Besuchende live ausprobieren können.

in komplexe Themen wie Digitalisierung und Nachhaltigkeit zu ermöglichen.

Schwerpunkte des Fraunhofer IGCV sind dabei Lernen am Arbeitsplatz, Nachhaltigkeit in der Produktion, Technologien und Produktions-IT zur intelligenten Datenerfassung und Vernetzung der Produktion sowie Data-Science-Methoden zur Identifikation von Ursachen-Wirkzusammenhängen als Entscheidungsunterstützung im Produktionsmanagement. In zielgruppengerecht aufbereiteten Angeboten wird dieses Wissen gebündelt und praxisnah vermittelt.

Besonders engagiert sich das Fraunhofer IGCV in der Lernfabrik für vernetzte Produktion und im Lernlabor Robotik, in denen Schulungsteilnehmende praktisch unterschiedliche Technologien der Digitalisierung erproben können. Dadurch erhalten Unternehmen bedarfsorientierte Zugänge zum »Unternehmen der Zukunft«.

Kontakt

Laura Merhar, M.A.
Wiss. Mitarbeiterin
»Produktionsmanagement«
Tel. +49 821 90678-163
laura.merhar@
igcv.fraunhofer.de

Neues White Paper informiert über ungenutzte Potenziale der Additiven Fertigung

Drei Fraunhofer-Institute (das Fraunhofer IGCV, das Fraunhofer IPT und das Fraunhofer IAPT) verfassten zusammen mit der ETH Zürich in Kollaboration mit dem Weltwirtschaftsforum ein White Paper, das ungenutzte Potenziale der Additiven Fertigung aufzeigt.

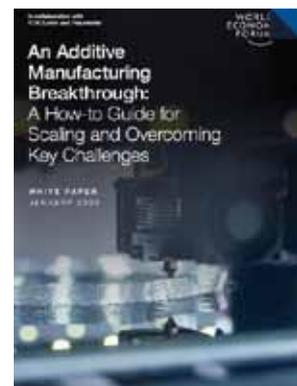
Die Additive Fertigung (AM) erfährt seit mehreren Jahrzehnten eine gesteigerte Aufmerksamkeit. Die Industrialisierung der Additiven Fertigung hat dabei verschiedene Wellen durchlaufen und verzeichnet eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 20 Prozent.

Die vorliegende gemeinsame Studie »An Additive Manufacturing Breakthrough: A How-to Guide for Scaling and Overcoming Key Challenges« untersucht die Arbeit mit Additiver Fertigung und die wichtigsten Schritte für deren Durchbruch. Anhand von vier Best Practices und drei Fallstudien aus der Praxis werden Wege aufgezeigt, um sich aktuellen Herausforderungen der Additiven Fertigung zu stellen.

Durch das White Paper sollen Führungskräfte in der Industrie ein besseres Verständnis dafür erlangen, wie sie AM nutzen können, um widerstandsfähigere, integrativere, flexiblere und nachhaltigere Produktionssysteme zu realisieren, die einen Mehrwert für ihr Unternehmen, die Gesellschaft und Umwelt schaffen. Darüber hinaus zeigt das Paper in einer Call-to-Action, was alle Akteure in Industrie, Politik und Wissenschaft leisten müssten, um das volle Potenzial der Additiven Fertigung nutzen zu können.

Konkret sind es folgende sieben Schritte, die die Additive Fertigung langfristig erfolgreich in die industrielle Anwendung bringen:

- Senkung der Kosten entlang der Wertschöpfungskette durch gemeinsame Investitionen
- Bildung, Wissensaustausch und Benennung von »AM-Intrapreneuren«
- Zusammenführen und Vorantreiben von Standardisierungsbemühungen
- Erhöhung und Straffung der Finanzierung für TRL 3-6
- Durchsetzung von Kreislaufwirtschafts- und Nachhaltigkeitszielen
- Schärfung des Qualitätsbewusstseins und Vereinfachung der Qualifizierung
- Vorantreiben der Digitalisierung der Prozesskette



Das im Januar 2022 erschienene White Paper



Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel
Leiter
»Additive Fertigung«
Tel. +49 821 90678-127
christian.seidel@
igcv.fraunhofer.de

White Paper informiert über resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie

Das kürzlich erschienene White Paper »RESYST« des Fraunhofer-Verbunds Produktion zeigt auf, welche Stellhebel sich bewegen lassen, um die eigene Wertschöpfung resilienter zu gestalten.

Zum Fraunhofer-Verbund Produktion gehören neben dem Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV noch weitere elf Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen, die sich der Produktion der Zukunft widmen. Bereits seit einiger Zeit forscht der Verbund an der »resilienten Wertschöpfung« und veröffentlichte erst im März 2021 eine Studie über die Resilienz von Organisationen, Infrastrukturen und anderen komplexen Systemen. Mit dieser systemischen Betrachtung von Unternehmen konnte der Verbund Strategien aufzeigen, wie Unternehmen ihre Resilienz verbessern können, um Krisen zu vermeiden oder aber, um besser auf diese vorbereitet zu sein.

Anschließend an diese Studie beschäftigt sich das White Paper »RESYST« mit der »resilienten Wertschöpfung« in Strategie- und Prozessmanagementsystemen sowie Produktionssystemen und -technologien in produzierenden Unternehmen. Die Corona-Krise hat gezeigt, wie wichtig es für Unternehmen ist, in Krisen standhaft zu sein – hier kann noch viel verbessert werden. Wer sich am White Paper des Fraunhofer-Verbunds Produktion und am dazugehörigen Resilienzkonzept orientiert, kann in Krisenzeiten Risiken minimieren, Verluste begrenzen und gleichzeitig innovativ und leistungsfähig bleiben.

Das White Paper, an dem ein interdisziplinäres Team aus 17 Fraunhofer-Instituten und -Einrichtungen mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten gearbeitet hat, geht zunächst auf das Resilienzmanagement ein. Im Zentrum

steht dabei – wie der Name schon sagt – die Resilienz, also die Möglichkeit eines Unternehmens, einer Krise zu widerstehen bzw. sich dieser anzupassen. Zu einem erfolgreichen Resilienzmanagement gehört zum Beispiel, Krisen früh zu erkennen und im Fall einer Krise gut zu planen und nötige Schritte umzusetzen.

Wie nötig das Resilienzmanagement ist, zeigt sich an den aktuellen Herausforderungen für die deutsche Wirtschaft, welche das White Paper sammelt und erklärt. Mit extremen Nachfrageschwankungen, Lieferengpässen oder einem hohen Innovationsdruck, um nur einige zu nennen, kann mittels der Strategien des Fraunhofer-Verbunds Produktion besser umgegangen werden. Das White Paper beschränkt sich jedoch nicht nur darauf, Herausforderungen und mögliche Krisen aufzuzeigen, sondern bietet neben einem Rahmenmodell für resiliente Wertschöpfung auch konkrete Lösungsbausteine sowie Case-Studies und Handlungsempfehlungen. Mit den eindeutigen Voraussetzungen und Optimierungszielen geht das White Paper direkt auf produzierende Unternehmen ein und beschäftigt sich beispielsweise explizit mit Produktionssystemen und -technologien.

Die Handlungsempfehlungen gibt das White Paper für drei unterschiedliche Bereiche: Politik und Gesellschaft, Wertschöpfungssysteme und natürlich Unternehmen. Die konkreten Vorschläge machen »resiliente Wertschöpfung« greifbar und erleichtern die Umsetzung vor Ort.



Das White Paper »RESYST« des Fraunhofer-Verbunds Produktion



Kontakt

Dr.-Ing. Steffen Klan
Hauptabteilungsleiter
»Gießereitechnik«
Tel. +49 170 788 6930
steffen.klan@
igcv.fraunhofer.de

Neuer Leitfaden informiert über den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ist in mittelständischen Unternehmen noch wenig verbreitet. Hier setzt das Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV in Kooperation mit dem VDMA im Projekt Mittelstand 4.0 an: Ein im Februar 2022 erschienener gemeinsamer Leitfaden bietet künftigen Anwenderinnen und Anwendern einen praxisnahen, transparenten Einblick in die erfolgreiche MRK-Integration.

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) hat in den vergangenen Jahren immense Fortschritte gemacht. Die Vorteile liegen auf der Hand: Die Normenlage ist definiert, es existieren zahlreiche Komponenten, um MRK-Anlagen umzusetzen und die Potenziale der Technologie sind weitreichend bekannt. Unternehmen, die ihre Fertigungsabläufe bereits automatisiert haben, profitieren von verbesserter Produktivität und Qualität ebenso wie Erstanwendende. Und doch: Bislang sind MRK-Anwendungen – insbesondere in mittelständischen Unternehmen – noch nicht weit verbreitet. Der kostenfreie »Leitfaden für den ortsflexiblen Einsatz von kollaborativen Robotern« des Fraunhofer IGCV und dem VDMA soll dies ändern. Auf 40 Seiten werden die wichtigsten Schritte von der Eignungsprüfung bis zur Umsetzung einer MRK-Anwendung erläutert, zusätzliche Hilfsdokumente wie Vorlagen und Checklisten sind im Leitfaden verlinkt.

Die Autorinnen und Autoren legten großen Wert darauf, dass trotz theoretischer Inhalte alle Fragestellungen praxisnah beantwortet werden und Informationen anwenderfreundlich aufbereitet sind. In den Leitfaden floss der Erfahrungsschatz und die Expertise von über 25 Unternehmen und Einrichtungen ein, die sich im Expertennetzwerk »Robotik für den Mittelstand« engagieren. Damit haben auch

Unternehmen, die noch wenig oder keine Erfahrung mit MRK haben, einen übersichtlichen und leicht verständlichen Ablaufplan zur Hand. Der Leitfaden gliedert sich in acht Teile:

- Einführung: Grundlagenwissen zur Mensch-Roboter-Kollaboration
- Use Case: Als Einstieg in die Thematik wird eine exemplarische MRK-Applikation vorgestellt: »Pick & Place«.
- Eignungsprüfung: Worauf sollte geachtet werden und wie wird eine MRK-Lösung wirtschaftlich eingebunden?
- Risikobewertung: Welche Grundlagen, Methoden und Tools werden benötigt, um Risiken identifizieren und bewerten zu können?
- Risikominderung: Wie wird mit möglichen Gefährdungen umgegangen und wie lassen sich Komponenten sicher gestalten?
- Ortsflexibilität: Wie lässt sich der ortsflexible Einsatz von kollaborativen Robotern effizient implementieren und mit bestehenden Normen vereinen?
- Schulung und Weiterbildung: Wie kann – mit Blick auf die ganzheitliche MRK-Integration – auf den Erfolgsfaktor »Mensch« eingegangen werden?
- Unterstützung und Begleitung: Welche regionalen Angebote, Initiativen, Förderstrukturen und Maßnahmen existieren bereits?



Der Leitfaden bietet eine praxisnahe Übersicht.



Kontakt

Christian Härdtlein, M.Eng.
Gruppenleiter »Engineering adaptiver Produktionsmodule«
Tel. +49 821 90678-318
christian.haerdtlein@igcv.fraunhofer.de

Girls' Day 2022 am Fraunhofer IGCV

Das Fraunhofer IGCV und der Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen an der TU München (utg) hießen Schülerinnen zum Girls' Day 2022 herzlich willkommen, um ihnen einen Einblick in den Forschungsalltag der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich Gießereiwesen zu geben.



Girls' Day 2022 am Gießereitechnikum des Fraunhofer IGCV

Der Girls' Day ist ein bundesweites Projekt zur Berufs- und Studienorientierung von Mädchen. Am alljährlichen Aktionstag lernen Schülerinnen Berufe oder Studienfächer kennen, in denen der Frauenanteil unter 40 Prozent liegt. Angesprochen sind Mädchen ab der Klassestufe 5.

In Deutschland verfügen junge Frauen über eine besonders gute Schulbildung. Trotzdem wählt mehr als die Hälfte der Mädchen aus nur zehn verschiedenen Ausbildungsberufen im dualen System – kein einziger naturwissenschaftlich-technischer ist darunter. Damit schöpfen sie ihre Berufsmöglichkeiten nicht voll aus und den Betrieben fehlt gerade in technischen und techniknahen Bereichen qualifizierter Nachwuchs. Der Girls' Day bietet deshalb allen Chancen für die Zukunft!

Am Girls' Day erleben die Teilnehmerinnen in Laboren, Büros und Werkstätten, wie spannend die Arbeit dort ist. In Workshops und bei Aktionen gewinnen die Mädchen Einblicke in den Alltag der Betriebe und erproben ihre Fähigkeiten praktisch. Sie erhalten direkte

Antworten auf ihre Fragen und können erste Kontakte knüpfen.

Eine Gruppe von Schülerinnen zwischen elf und 15 Jahren verbrachte den Mädchen-Zukunftstag 2022 im neuen Gießereitechnikum des Fraunhofer IGCV in Garching bei München. Dort wurde ihnen die Sandanalyse, die Mikroskopie, der 3D-Druck von Sandformen und die Gießsimulation präsentiert. Die neu gewonnenen Erkenntnisse durften die Mädchen dann am Nachmittag auch direkt selbst in die Tat umsetzen, indem sie eine Eulen-Gussform selbst in Sand einformen konnten. Die Form wurde anschließend abgegossen, sodass jede Teilnehmerin eine Aluminium-Eule als Andenken mit nach Hause nehmen konnte.

Die Betreuerinnen und Betreuer am Fraunhofer IGCV und utg freuten sich sehr über das rege Interesse und die spannenden Fragen der Mädchen und hoffen, Begeisterung für Technik bei ihnen geweckt zu haben!

»What matters?«: Forschungsaufenthalt in Cambridge

Drei Monate lang arbeitete Max Horn als Gastwissenschaftler an der University of Cambridge. Zusammen mit Wissenschaftler:innen aus aller Welt forschte er an der Zukunftsfähigkeit der Additiven Fertigung. Im Interview berichtet er über seinen Aufenthalt an der Spitzenuni.

Herr Horn, Sie sind Promovend und Leiter der Gruppe »Additive Fertigung – Implementierung und Prozessketten«. Im Sommer 2022 waren Sie, gefördert durch ein Stipendium der Bayerischen Forschungstiftung, Teil einer internationalen Forschungsgruppe an der renommierten University of Cambridge. Die »Use Less Group« forscht seit über 20 Jahren daran, wie technische Industriezweige ihren Beitrag zum Klimawandel reduzieren können. Inwieweit konnten Sie Ihr Forschungsthema hier einbringen?

In meiner Promotion fokussiere ich mich auf die Additive Fertigung und Multimaterialverarbeitung. Dabei spielen Pulververbräuche und -wiederverwendungsstrategien eine zentrale Rolle. Genau hier setzt auch die Use Less Group an. Deren übergeordnete Fragestellung lautet What Matters? Die Gruppe hat sich Zero Emissions als Ziel gesetzt und kartiert unter anderem Materialflüsse und Energieverbräuche der ganzen Welt. Zu kritischen Faktoren werden Gegenmaßnahmen abgeleitet – etwa um eine emissionsneutrale Produktion zu ermöglichen.

Was bedeutet das für die Produktion von morgen?

Ich sehe mir in meiner Forschung die Materialflüsse und Energieverbräuche in der metallbasierten Additiven Fertigung sehr genau an. Klar ist: CO₂-Hotspots müssen auch für die Additive Fertigung untersucht werden. So wurde die sogenannte »Buy-to-Fly Ratio«, ein Maß für die Materialeffizienz, noch nie für alle Prozesse und den Gesamtmarkt überprüft.

... und das haben Sie gemacht?

Genau! Aktuell ist es noch so, dass der Anteil der Additiven Fertigung relativ klein ist – weltweit wird jährlich so viel Metall additiv verarbeitet wie ansonsten in einer einzigen mittelständischen Gießerei. Aber mit einem jährlichen Wachstum von 20 Prozent durchdringt die Technologie den Markt immer mehr. Damit aktuelle Ineffizienzen nicht mitskalieren, ist es wichtig, schon jetzt im Anfangsstadium darauf einzugehen. Tatsächlich ist die Buy-to-Fly Ratio verglichen mit anderen Fertigungsprozessen niedrig. Allerdings ist beispielsweise das Metallpulver ein großer Energiefresser. Hier haben wir einige Kernpunkte identifiziert, um diese Ineffizienzen anzugehen.

Ihr Fazit?

Für die Zukunft profitiere nicht nur ich von dem Aufenthalt. Ich wurde extrem gut vernetzt und habe bei Treffen mit Industriepartnern und Forschungseinrichtungen wie in Nottingham, Sheffield und Teesside jede Menge namhafter Player kennengelernt. Diese Kontakte sind für künftige Forschungsvorhaben an unserem Institut immens wertvoll.

Herzlichen Dank für das Gespräch und viel Erfolg für Ihre Promotion!



Lesen Sie das komplette Interview auf unserer News-Seite!

Kontakt

Max Horn, M.Sc.
Gruppenleiter
»Additive Fertigung –
Implementierung und
Prozessketten«
Tel. +49 821 90678-187
max.horn@igcv.fraunhofer.de

Forschungsaufenthalt am SZTAKI

Im Rahmen eines dreimonatigen Forschungsaufenthalts am Institute for Computer Science and Control (SZTAKI) wurde zwei Wissenschaftlern ein fachlicher Austausch zu gemeinsamen Forschungsthemen des SZTAKI und des Fraunhofer IGCV ermöglicht.

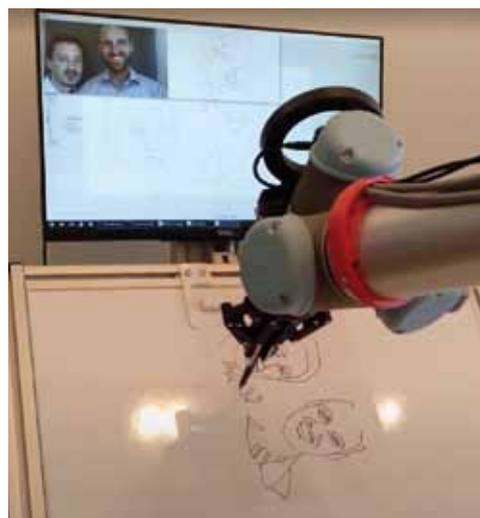
Mit dem Ziel, einen länderübergreifenden fachlichen Austausch bei gemeinsamen Forschungsthemen aus dem Bereich des Digitalen Zwillings sowie der Entscheidungsunterstützungssysteme in der Produktionsplanung und -steuerung herzustellen, wurde eine Kooperation mit dem SZTAKI in Budapest initiiert. Das SZTAKI wird von Prof. László Monostori geleitet und ist sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der anwendungsorientierten Forschung in den Themenfeldern Computer Science, Engineering, Informationstechnologie, intelligente Systeme und Prozesssteuerung tätig.

Komplementäre Kompetenzen als Grundlage für gemeinsame Forschungsprojekte

Die Mitarbeitenden des Research Laboratory on Engineering & Management Intelligence des SZTAKI haben uns als Gastwissenschaftler hervorragend in ihr wissenschaftliches Umfeld eingebunden. Damit war es möglich, einen regen wissenschaftlichen Austausch zu den jeweiligen Themengebieten während des Forschungsaufenthalts (und auch darüber hinaus) zu etablieren. Während des wissenschaftlichen Diskurses zeigte sich, dass sich komplementäre Kompetenzen ausgebildet haben, die eine hervorragende Grundlage für ein gemeinsames Forschungsprojekt bieten.

Gemeinsamer Forschungsantrag im Kontext von EUREKA

Konsequenterweise wurde im Rahmen der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten zwischen Deutschland und Ungarn im Kontext von EUREKA ein gemeinsamer Forschungsantrag eingereicht. Neben den beiden Forschungseinrichtungen besteht das Konsortium aus einem ungarischen und einem deutschen Unternehmen. Das Projekt hat das Ziel, bei der Auslegung und dem Betrieb von Anlagen die Energieeffizienz zu berücksichtigen. Durch das Forschungsprojekt, vorbehaltlich eines positiven Bescheids, soll die entstandene Kooperation weiter ausgebaut und damit der grenzübergreifende Wissensaustausch innerhalb Europas fortgeführt werden.



Anfertigung eines Portraits durch den SZTAKI Zeichenroboter »Piktor-o-bot«

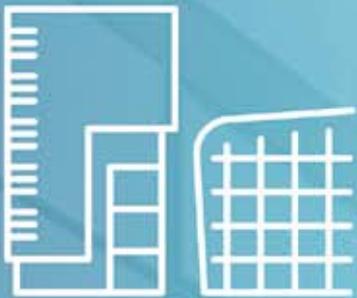
Kontakt

Lukas Bank, M.Sc.
Gruppenleiter
»Produktionsorganisation«
Tel. +49 821 90678-193
lukas.bank@
igcv.fraunhofer.de

Philipp Theumer, M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter
»Produktionsplanung und
-steuerung«
Tel. +49 821 90678-197
philipp.theumer@
igcv.fraunhofer.de

Profil

Portrait	69
Kennzahlen	70
Die Fraunhofer-Gesellschaft	72
Fraunhoferweite Netzwerke: Kompetenzen bündeln	73
Unser Forschungsoutput: Forschungsergebnisse sicht- und nutzbar machen	77
Betreute Doktorarbeiten	78



Portrait

Das Fraunhofer IGCV steht für anwendungsbezogene Forschung mit einem Schwerpunkt in den Themenfeldern Engineering, Produktion und Multimateriallösungen. Wir ermöglichen Innovationen auf der Ebene der Fertigungsprozesse und Materialwissenschaften, der Maschinen und Prozessketten sowie der Fabrik und Unternehmensnetzwerke. Unser Alleinstellungsmerkmal liegt in fachdisziplinübergreifenden Lösungen aus den Bereichen Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik.

Wir gestalten den Weg in die Zukunft des effizienten Engineerings, der vernetzten Produktion und der intelligenten Multimateriallösungen zur Sicherstellung der nachhaltigen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas.

Mit etwa 160 Mitarbeitenden an unseren Standorten in Augsburg und Garching bei München sind wir verlässlicher Partner für KMU, Großunternehmen und Konzerne. In Form von kurz-, mittel- und langfristigen Forschungsprojekten unterstützen wir unsere Partner, um langfristig die nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas zu sichern.

An unserem Hauptstandort in Augsburg sind Leitung, Verwaltung sowie die Compositetechnik und Verarbeitungstechnik angesiedelt. Die Gießereitechnik befindet sich in Garching bei München.

Compositetechnik

Am Technologiezentrum 2
86159 Augsburg

Verarbeitungstechnik

Am Technologiezentrum 10
86159 Augsburg

Gießereitechnik

Lichtenbergstraße 15
85748 Garching



Kennzahlen

Wachstum und Stabilität während der Corona-Krise

Die Geschäftsjahre 2021 und 2022 waren überwiegend von den Auswirkungen der Corona-Krise geprägt. Die vor der Krise selbstgesteckten herausfordernden Wachstumsziele konnten aufgrund der allgemeinen wirtschaftlichen Situation nicht umfänglich erreicht werden. Jedoch verzeichnete das Fraunhofer IGCV trotz der allgemeinen Situation zuerst ein starkes Wachstum und begab sich daraufhin in eine Stabilisierungsphase.

Die Gesamterträge wuchsen dabei 2020 um 3,4 Mio. Euro (+19 %) auf 21,3 Mio. Euro. Im darauffolgenden Jahr 2021 pendelten sie sich etwa auf diesem Niveau bei 21,2 Mio. Euro ein. (-0,1 Mio. Euro / -0,5 %).

Im ersten Jahr der Corona-Krise 2020 brachen die Industrieerträge um 1,3 Mio. Euro (-27 %) auf insgesamt 3,7 Mio. Euro

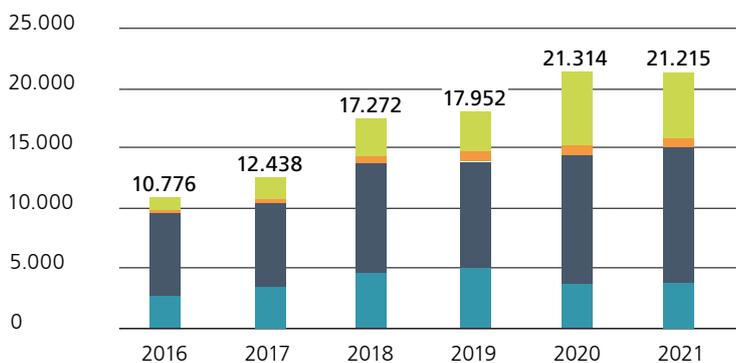
ein, stabilisierten sich dann aber im zweiten Jahr der Krise 2021 auf diesem Niveau (+0,1 Mio. Euro).

Kompensiert wurde der Rückgang der Industrieerträge durch ein starkes Wachstum der öffentlichen Erträge in beiden Jahren. 2020 stieg die öffentliche Zuwendung um 1,9 Mio. Euro (+22 %) und 2021 um weitere 0,6 Mio. Euro (+5 %).

Überzeugende Jahresergebnisse

Trotz des herausfordernden wirtschaftlichen Umfelds konnte das Fraunhofer IGCV in beiden Jahren mit einem jeweils stark positiven Jahresergebnis aufwarten.

Gesamterträge des Fraunhofer IGCV in Tsd. Euro



Der Anstieg des Betriebshaushalts und der gleichzeitige Rückgang der Industrieerträge führte zu einer Reduzierung der dazu in Relation stehenden Kennzahl Rho-Wi. 2020 und 2021 sank diese auf 21,6 % bzw. 21,5 % ab. Dies liegt unterhalb der Zielmarke von 30 %, wurde jedoch mit dem Ziel der Sicherstellung des operativen Betriebs und der Erhaltung der Arbeitsplätze in der Corona-Krisensituation in Kauf genommen.

- Industrieerträge
- Bund / Länder
- EU / Sonstige
- Institutionelle Förderung

Angepasste Personalpolitik

Die Unsicherheiten der Corona-Krise wirkten sich auch auf die Personalpolitik des Fraunhofer IGCV aus. Während der Personalbestand 2021 noch um zehn Vollzeitäquivalente Mitarbeitende (FTEs) (+7 %) auf 144 FTEs wuchs, stieg der Personalbestand 2022 nur noch leicht um vier FTEs (+3 %) auf 148 FTEs. Ziel war hierbei, Neueinstellungen durch mittel- und langfristige Projektfinanzierung abzusichern.

Personal als Erfolgsfaktor

Mit knapp 70 % Personalkostenanteil an den Gesamtaufwendungen, ist unser Personal nicht nur ein erheblicher Kostenfaktor, sondern der bestimmende Erfolgsfaktor für das Fraunhofer IGCV. Insbesondere die hohe Qualifikation, der Spezialisierungsgrad und die Motivation unserer Mitarbeitenden sind maßgebend für die Einwerbung und Durchführung

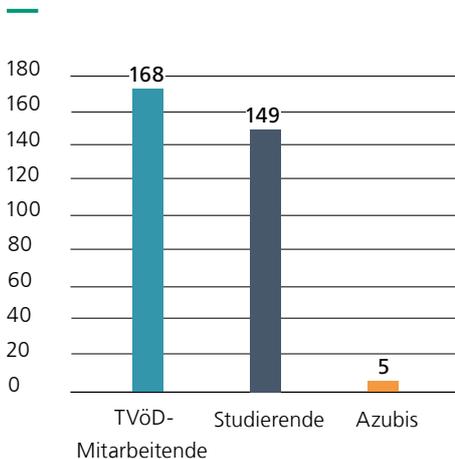
von Projekten und letztendlich den finanziellen Erfolg unseres Instituts.

Zum Jahresende 2021 wies das Fraunhofer IGCV 125 studentische bzw. wissenschaftliche Hilfskräfte, neun Diplomanden und 15 Praktikanten auf.

Eine herausfordernde Zukunft

Auch in den kommenden Jahren setzt sich ein durch Herausforderungen und Ungewissheiten gekennzeichnetes wirtschaftliches Umfeld fort. Während es scheint, dass die Corona-Krise zunehmend handhabbarer wird, stehen weitere Herausforderungen wie Inflation, Energiekrise und der Ukrainekrieg zunehmend im Vordergrund. Die Absicht des Fraunhofer IGCV ist, diese Herausforderungen zu erkennen, sie anzunehmen, mit Vorsicht zu reagieren und zu agieren und ggf. Chancen daraus abzuleiten.

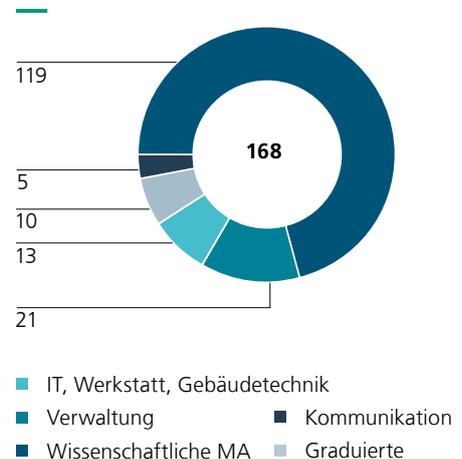
Gesamt-Belegschaft des Fraunhofer IGCV in 2021 (Anzahl)



Unsere 168 TVöD Mitarbeitenden am Fraunhofer IGCV wurden von 149 Studierenden unterstützt. Zusammen mit unseren fünf Auszubildenden ergab sich dabei eine Gesamtbelegschaft von 322 Personen am Institut.

Die Anzahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stieg im Zeitraum von 2019 bis 2021 um 14 auf 119 Mitarbeitende (+13 %). Der Anteil der wissenschaftlichen Mitarbeitenden an den gesamten TVöD Mitarbeitenden beträgt 71 %.

Struktur der TVöD-Mitarbeitenden am Fraunhofer IGCV in 2021



#WeKnowHow

FRAUNHOFER

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 30.000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen 2,5 Milliarden Euro auf den Bereich Vertragsforschung.

Der Erfindergeist der Menschen ist der bedeutendste Rohstoff unseres Landes. Er macht effizienten und nachhaltigen Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Wirtschaft erst möglich. Dieser Transfer ist das Rückgrat unseres Innovationssystems.

Die Corona-Pandemie hat unsere Welt verändert. Doch Veränderungen bieten Chancen. Gewinnen wir mehr Souveränität in zentralen Technologiebereichen. Von der KI über die Cybersicherheit bis zur Medizin. Transformieren wir unsere Wirtschaft im Sinne nachhaltiger Wertschöpfung. Mit strategischen Forschungsfeldern bilden wir Schwerpunkte – mit Blick auf branchenübergreifenden Impact und die Märkte von morgen. Jetzt haben wir die Möglichkeit, nach der Krise resilienter zu sein als bisher. Und die Chance, durch einen gezielten Innovations-Push Kompetenz und Know-how nicht nur zu erhalten, sondern auszubauen. Handlungs- und Entscheidungsfreiheit sind unsere Ziele, um in den entscheidenden Technologiefeldern weiter zur Weltspitze zu gehören. Gemeinsam können wir gestärkt aus der Krise hervorgehen und für künftige Herausforderungen besser gerüstet sein. Lassen Sie uns jetzt mit Ökonomie und Ökologie im Einklang die richtigen Weichen stellen. Fraunhofer. WeKnowHow.

Stand der Zahlen: Januar 2022

Fraunhoferweite Netzwerke: Kompetenzen bündeln

Fraunhofer-Institute organisieren sich in verschiedenen Netzwerken, um ihre Kompetenzen zu bündeln und gemeinsam am FuE-Markt aufzutreten.

Fraunhofer-Verbund Produktion

In diesem Verbund bündeln zwölf Institute und Einrichtungen ihr Know-how und bieten innovative Systemlösungen für Unternehmen an. Das Leistungsspektrum des Fraunhofer-Verbunds Produktion umfasst den gesamten Wertschöpfungsprozess und wird durch die neuesten Erkenntnisse aus den Bereichen Informatik sowie Produktions- und Ingenieurwissenschaften geleitet. Forschung und Industrie erhalten so die Möglichkeit, eng und interdisziplinär vernetzt zusammenzuarbeiten. So verfügt der Verbund über ein breit gefächertes Angebot an Technologien und Dienstleistungen, die Unternehmen fit für die »Produktion der Zukunft« machen.

Die Kompetenzen der am Verbund beteiligten Institute decken sämtliche Bereiche entlang der Wertschöpfungskette ab: »Produktionsmaschinen und -anlagen«, »Produktionstechniken und Prozesstechnologien«, »Produktentstehung«, »Produktionssteuerung, Automatisierung und Messtechnik«, »Logistik und Supply Chain Management«, »Unternehmens- und Wertschöpfungsmanagement«.

Diese Kompetenzen werden in verschiedensten Forschungs- und Entwicklungsprojekten stetig und anwendungsorientiert erweitert, sodass der breite Markt an Industrie- und Dienstleistungsunternehmen jeglicher Größe durch neue technische und organisatorische Lösungen profitieren kann. Die Verbund-Institute bilden das führende Standortnetzwerk der angewandten Produktionsforschung in Deutschland ab.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk
Institutsleitung
Tel. +49 821 90678-0
wolfram.volk@igcv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion

Als Partner von Automobilherstellern und ihren Zulieferern, Ausrüstern und Dienstleistern unterstützt die Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion seit 2010 Forschung und Entwicklung zur Optimierung von Produktionsprozessen und bündelt die Kompetenzen von 20 Fraunhofer-Instituten. 2021 neu aufgestellt und erweitert um aktuelle Forschungsfelder im Anlagen- und Maschinenbau, steht sie als One-Stop-Shop auch für komplexe Anfragen für die Produktion der Zukunft ein.

So leistet die Allianz einen Beitrag, Deutschlands Technologieführerschaft insbesondere im Automobilbereich in enger Kooperation aus Industrie und Forschung zu sichern. Zugleich wird der export- und umsatzstarken Anlagen- und Maschinenbau vor allem bei der Entwicklung innovativer Produktionsmaschinen und Fertigungssysteme gefördert.

Die Allianz bietet folgende Kompetenzen: »Mensch in der Produktion«, »intelligente selbstoptimierende Anlagen«, »resiliente und agile Prozessketten«, »flexible, wandlungsfähige Fabriken« und »Transformation der Wertschöpfung«.

Kontakt

Dr.-Ing. Steffen Klan
Hauptabteilungsleiter »Gießereitechnik«
Tel. +49 170 788 6930
steffen.klan@igcv.fraunhofer.de



Herstellung einer Rumpfteilschale für den Prototypen des Hochgeschwindigkeits-hubschraubers RACER in AFP-Technologie (Automated Fiber Placement)

Fraunhofer AVIATION & SPACE

Fraunhofer AVIATION & SPACE ist ein Zusammenschluss von 27 Fraunhofer-Instituten, die angewandte Forschung im Bereich der Luft- und Raumfahrtwirtschaft betreiben.

Ziel des Zusammenschlusses der Fraunhofer-Institute ist die Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen und wissenschaftlichen Partnern aus den Bereichen Luft- und Raumfahrt. Hierfür bündeln die Mitglieder ihre technologischen Kompetenzen, um den Luft- und Raumfahrt-Industrieverbänden wie dem Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) und Zuwendungsgebern wie der Europäischen Welt-raumorganisation ESA oder der Europäischen Kommission einen zentralen Ansprechpartner zu bieten.

Durch das vielfältige technologische Know-how der beteiligten Institute wird den Kunden ein einzigartiges Spektrum angeboten. Fraunhofer AVIATION & SPACE tritt als Systemanbieter auf, der verschiedenartige Komponenten auf höchster Qualitätsstufe entwickelt und zu einem Gesamtsystem integriert. Ein wesentliches Kernelement ist dabei die Nachhaltigkeit von Materialien, Bauteilen und Prozessen, sowohl in der Entwicklungs- als auch in der Nutzungsphase.

Darüber hinaus stellt Fraunhofer AVIATION & SPACE fundierte Kompetenzen in verschiedenen Technologiefeldern zur Verfügung, beispielsweise in der Optik, Sensorik, Kommunikation, Automatisierung sowie der Digitalisierung und der Künstlichen Intelligenz (KI). In diesem Rahmen liefert Fraunhofer wichtige Beiträge zu den nationalen und europäischen Forschungsförderprogrammen (z.B. LuFo-Programm und InnoSpace Masters bzw. Clean Sky 2, Clean Aviation, ESA-Raumfahrtprogramme und Horizon Europe).

Kontakt

Jürgen Filsinger
Abteilungsleiter »Composite Fertigungsprozesse«
Tel. +49 821 90678-211
juergen.filsinger@igcv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau

Im Forschungsfeld Leichtbau werden die Erfahrungen und das Know-how von 15 Fraunhofer-Instituten gebündelt. Die Partnerinstitute tragen durch die Erforschung und Entwicklung von Fertigungsverfahren sowie Analyse- und Bewertungsmethoden zu konzeptionellen und technischen Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette bei. Für den Kunden werden Lösungen aus einer Hand unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte entwickelt.

Abgerundet wird das Portfolio des Forschungsfelds durch ein umfassendes Weiterbildungsangebot. Hier ist besonders der bundesweit erste zertifizierte Lehrgang zum »Composite Engineer« zu erwähnen (www.composite-engineer.de). Mit diesem Schulungsangebot soll das übergeordnete Ziel erreicht werden, die Faserbündeltechnologie durch eine strukturierte, hochqualitative Weiterbildung über die gesamte Prozesskette voranzutreiben und auszubauen, damit FVW-Prozesse von der Idee über das Produkt bis zur Instandhaltung zu – im norm-technischen Sinn – »beherrschen«, sprich sichereren Prozessen werden und so das technologische Potenzial dieser Werkstoffe im Unternehmen besser ausgeschöpft werden kann.

Kontakt

Dr.-Ing. Frank Manis
Gruppenleiter »Recycling von Composites«
Tel. +49 821 90678-229
frank.manis@igcv.fraunhofer.de



Mittels Additiver Fertigung hergestelltes Zahnrad mit integriertem Vibrationssensor und kontaktloser Datenübertragung

Fraunhofer-Kompetenzfeld Additive Fertigung

Das Fraunhofer-Kompetenzfeld Additive Fertigung besteht aus 19 Fraunhofer-Instituten, die sich, fokussiert auf unterschiedliche Schwerpunkte, mit der Thematik der Additiven Fertigung befassen. Dadurch kann die gesamte Prozesskette abgebildet werden, was die Entwicklung, Anwendung und Umsetzung additiver Fertigungsverfahren und Prozesse sowie die dazugehörigen Materialien umfasst.

Die Aktivitäten des Kompetenzfelds Additive Fertigung konzentrieren sich auf die fünf Forschungsthemen »Engineering«, »Werkstoffe«, »Technologien«, »Qualität« sowie »Software und Simulation«. Die Tätigkeiten umfassen neben dem direkten Einsatz der additiven Technologien auch Material- und Anwendungsentwicklung sowie Themen rund um die Qualität. Angesprochen sind Branchen wie Automobil und Luftfahrt, Medizin- und Mikrosystemtechnik, aber auch der Werkzeugbau sowie Handhabung und Montage.

Das Kompetenzfeld Additive Fertigung bietet ganzheitliche Beratungskonzepte sowie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den verschiedenen additiven Fertigungsverfahren für unterschiedliche Branchen an.

ISO-Komitee TC261 »Additive Manufacturing«

Das im Jahr 2011 gegründete ISO-Komitee »Additive Manufacturing« ist das wichtigste internationale Gremium zur Standardisierung. Ziel ist eine Normung im Bereich der Additiven Fertigung hinsichtlich ihrer Prozesse, Begriffe, Definitionen, Prozessketten (Hard- und Software), Prüfverfahren, Qualitätsparameter und Lieferverträge sowie aller Arten von Grundlagen. Internationale Normen sollen dazu beitragen, ein Maß an Reproduzierbarkeit zu gewährleisten und der Wirtschaft und den Herstellern die dringend benötigte Sicherheit zu geben.

Derzeit sind 27 Länder im Komitee involviert, 24 Standards wurden veröffentlicht und 33 Standards befinden sich in der Entwicklung. Eine geregelte Vernetzung ist bereits mit etwa 20 weiteren ISO-Komitees installiert. Darüber hinaus bestehen Liaisons mit den Organisationen ASTM, CECIMO und EWF.

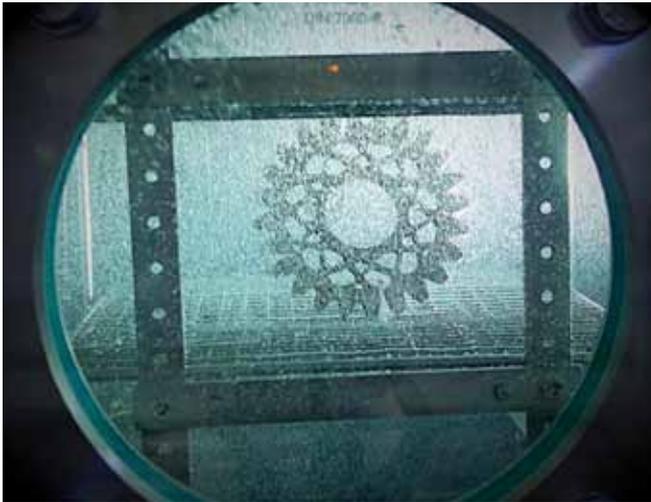
Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel hat für die neue Periode von 2022 bis 2024 erneut den Vorsitz des ISO-Komitees TC 261 »Additive Manufacturing« übernommen. Er bekleidet das Amt bereits seit dem 1. Januar 2019.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel
Leiter »Additive Fertigung«
Tel. +49 821 90678-127
Christian.Seidel@igcv.fraunhofer.de

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Christian Seidel
Leiter »Additive Fertigung«
Tel. +49 821 90678-127
Christian.Seidel@igcv.fraunhofer.de



Unterdruckbedingte Überschreitung des Siedepunktes des wässrigen Mediums während eines Reinigungsvorgangs mittels Druckwechselwaschen

Fraunhofer-Geschäftsbereich Reinigung

Der Fraunhofer-Geschäftsbereich Reinigung bündelt die Kompetenz aller Fraunhofer-Institute auf dem Gebiet der industriellen Reinigung mit einem Schwerpunkt auf der Reinigung und Vorbehandlung in der Oberflächentechnik. Dadurch bietet der Geschäftsbereich Reinigung Beratungs- sowie Forschungs- und Entwicklungsunterstützung für alle Fragen entlang der Prozesskette.

Diese umfasst neben unterschiedlichen Reinigungsverfahren (wässrig, Lösemittel, Strahltechniken, Plasmareinigung, Laserreinigung etc.) die vor- und nachgelagerten Prozesse. Die vorgelagerten Prozesse dienen dazu, Verunreinigungen zu vermeiden oder den Reinigungsaufwand zu vermindern. Zu den nachgelagerten Prozessen gehören die Kontrolle des Reinigungserfolgs in der Qualitätssicherung sowie die umweltgerechte Entsorgung der Verunreinigung und der Reinigungshilfsstoffe.

Die Unabhängigkeit der Fraunhofer Institute bei der Bewertung von Reinigungsverfahren und -systemen garantiert eine bedarfsgerechte Lösung. Auch werden Umweltschutzauflagen stets berücksichtigt. Für die Kunden aus der Industrie stellen die Fraunhofer-Institute damit ein deutschlandweit einmaliges Leistungsangebot bereit.

Kontakt

Christoph Tammer
Gruppenleiter »Qualität und technische Sauberkeit«
Tel. +49 821 90678-184
christoph.tammer@igcv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Simulation

Im Fraunhofer-Netzwerk »Numerische Simulation von Produkten, Prozessen« bündeln zahlreiche Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen, die sich mit der Entwicklung und Verbesserung von Simulationsverfahren beschäftigen. Die Simulation von Produkten und Prozessen spielt heute eine entscheidende Rolle in allen Phasen des Lebenszyklus eines Produkts, von der modellgestützten Materialentwicklung über die Simulation des Herstellprozesses bis zum Betriebsverhalten und der Platzierung des Produkts am Markt.

Das Ziel des Netzwerks ist es, institutsübergreifende Aufgabenstellungen aufzugreifen und als Ansprechpartner für öffentliche und industrielle Auftraggeber die Interessen der im Verbund zusammengeschlossenen Institute zu vertreten. Insbesondere die Bündelung der Kompetenzen aus dem IuK-Bereich mit dem Werkstoff- und Bauteil-Know-how sowie mit der Oberflächen- und Produktionstechnik verspricht innovative Ergebnisse.

Die im Netzwerk Simulation organisierten Institute bieten ihren Kunden Kompetenzen in den Bereichen »Numerische Methoden und Softwareentwicklung«, »Werkstoffe und Bauteile«, »Oberflächentechnik und Photonik«, »Mikroelektronik« und »Produktion«.

Kontakt

Dr.-Ing. Steffen Klan
Hauptabteilungsleiter »Gießereitechnik«
Tel. +49 170 788 6930
steffen.klan@igcv.fraunhofer.de

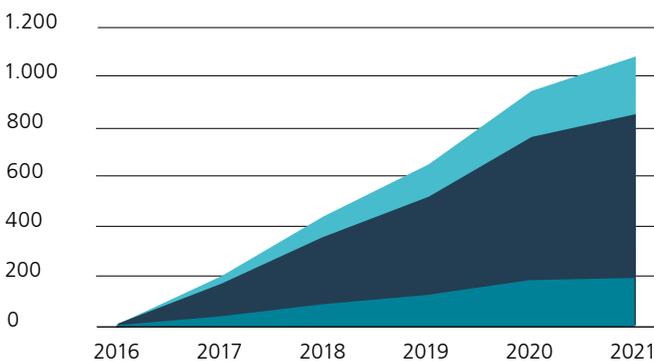
Unser Forschungsoutput: Forschungsergebnisse sicht- und nutzbar machen

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IGCV veröffentlichen regelmäßig ihre gewonnenen Erkenntnisse in Fachzeitschriften und anderen Publikationen – und tragen so dazu bei, Antworten auf die großen Zukunftsfragen zu finden.

Exzellente Wissenschaft soll stetig neue Erkenntnisse gewinnen und somit den Fortschritt in der Gesellschaft voranbringen. Ein häufig verwendeter Indikator hierfür ist der Forschungsoutput. Seit den Anfängen des Fraunhofer IGCV entstanden mehr als 1.000 wissenschaftliche Arbeiten. Mit ihren Publikationen machen unsere Mitarbeitenden ihre Forschungsaktivitäten transparent und zugänglich für Wissenschaft, Politik und interessierte Bürger:innen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die begutachteten Fachjournale («peer-reviewed journals») und Konferenzbände, in denen unsere Forschenden regelmäßig publizieren.

Damit Forschungsergebnisse möglichst flexibel und frei nachgenutzt werden können, gewinnen Open-Access-Veröffentlichungen weltweit an Bedeutung. Am Fraunhofer IGCV hat der Anteil solcher öffentlichen und kostenfrei verfügbaren Publikationen seit 2016 kontinuierlich zugenommen – 2021 und 2022 konnten Leser:innen bereits auf mehr als die Hälfte aller unserer wissenschaftlichen Veröffentlichungen unmittelbar und ohne Bezahlschranken zugreifen.⁹

Wissenschaftlicher Output des Fraunhofer IGCV

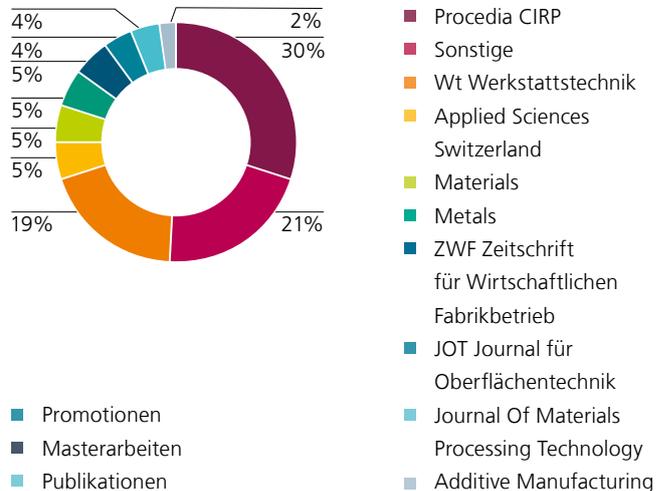


Auch die Nachwuchsforschenden tragen am Fraunhofer IGCV essenziell zum Erfolg bei.

Mit ihren Abschlussarbeiten liefern die Masterand:innen wichtige Bausteine für die Arbeit unserer Wissenschaftler:innen. Entsprechend viele Masterarbeiten wurden in den vergangenen Jahren am Institut betreut – im Schnitt mehr als eine pro Person und Jahr. Damit lag das Fraunhofer IGCV innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft regelmäßig auf den vordersten Plätzen.¹⁰

Alle bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Beiträge werden in der Fraunhofer-Publica verzeichnet und können auf unserer Webseite in der Rubrik Forschung («Publikationen») eingesehen werden.

Medien mit den meisten Veröffentlichungen 2021/22



Betreute Doktorarbeiten

2021 und 2022 begleiteten die Institutsleiter des Fraunhofer IGCV 24 Doktoranden auf ihrem Weg zur Promotion. Dabei beschäftigen sie sich intensiv mit unterschiedlichsten Forschungsaspekten, welche sich in der Themenvielfalt widerspiegeln.

Promotionen 2021

Autor:in	Titel
Ettmeyer, Florian	Charakterisierung des Entkernverhaltens anorganisch gebundener Formstoffe
Feistle, Martin	Edge-Fracture-Tensile-Test (neues Kantenrissprüfverfahren für duktile metallische Werkstoffe)
Greß, Thomas	Vertical Continuous Casting of Copper Aluminium Semi-Finished Products
Klöber-Koch, Jan	System zur operativen Produktionsplanung unter Berücksichtigung der Risikopräferenz
Kuhn, Peter	Charakterisierung der intralaminaren Energiefreisetzungsrates von polymeren Verbundwerkstoffen unter hohen Dehnraten
Lechner, Philipp	A Material Model for Foundry Cores – The Brittle Fracture Behaviour of Chemically-Bound Foundry Cores
Manis, Frank	Thermische Behandlung und mechanische Bewertung von Carbonfasern im Recyclingprozess
Raupach, Marco	Simulationsbasierte Konstruktionsmethodik zur Herstellung markanter Bauteilradien im Karosseriebau
Schneck, Matthias	Technology Strategy for Metal-based Additive Manufacturing
Schulte-Vorwick, Lucas	Methodik zur simulationsgestützten Auslegung eines In-Line-Richtprozesses für Fahrzeugstrukturteile aus Leichtmetalldruckguss
Stahl, Jens	Residual Stresses Induced by Precision Shear Cutting Processes
Teufl, Daniel Manuel	Verbesserung der 2,45 Ghz Mikrowellenprozessierung von Faserkunststoffverbundbauteilen
Wilhelm, Frederik	Einsatz von Leistungultraschall in der geschlossenen Injektions-Pultrusion
Zgoll, Fabian	Methodik zur maschinenoptimalen Werkzeugeinarbeitung durch virtuelle Kompensation der Werkzeug- und Pressendurchbiegung

Promotionen 2022 (Stand: Okt. 2022)

Autor:in	Titel
Beulich, Nicolas	Entwicklung einer Methodik zur Auslegung und Absicherung des Freiformbiegens mit bewegter Matrize für dreidimensionale Biegegeometrien
Eschler, Eric	Konzepte zur Steigerung des Leichtbaupotentials geflochtener Hohlprofile
Heller, Klaus	Influence of Material Property Changes on Thermoset Automated Fiber Placement Processing
Knott, Ralf	Compaction Characteristics of Thermoset Automated Fiber Placement
Landesberger, Martin Günther	Characterization and Design of Enhanced Ductile Irons
Oblinger, Christian	Gestaltung und Untersuchung drehsteifer Wellenkupplungen mit balgförmiger Ausgleichsstruktur aus vorimprägnierten Kohlenstofffaserhalbzeugen
Strauß, Sebastian	Sensitivitätsanalyse zum Prozessdesign der Closed-Injection Pultrusion innovativer Harzsysteme
Tagscherer, Nevine	Interdisciplinary mechatronic consideration of large-scale carbon fiber reinforced extrusion additive manufacturing
Vollmer, Mario	Edge Race-Tracking Effect on Preform Impregnation during Compression Resin Transfer Molding
Zenker, Thomas	Einfluss prozessspezifischer Designparameter des Thermoplastischen Automated Fiber Placements auf die Bauteilqualität in Abhängigkeit der Prozesskette

Die genannten Promotionen wurden an der TU München abgeschlossen.

Kontakt

Elke Brown, B.A.
Mitarbeiterin
»Kommunikation«
Tel. +49 821 90678-169
elke.brown@
igcv.fraunhofer.de

Quellen

- 1 Erhard, Patricia et al, 2022. Evaluation and optimisation of a slurry-based layer casting process in additive manufacturing using multiphase simulations and spatial reconstruction. In: Production Engineering – Research and Development 16(1), S. 43-54. DOI: 10.1007/s11740-021-01078-8.
- 2 Horn, Maximilian et al., 2022. Powder Bed Fusion of highly filigree copper features using a green laser: In: 12th CIRP Conference on Photonic Technologies [LANE 2022]. Fürth, 4.-8. September 2022. Amsterdam, Elsevier B. V., S. 81-86 (Vol. 111). DOI: 10.1016/j.procir.2022.08.135.
- 3 Horn, Maximilian; Schmitt, Matthias; Schlick, Georg, 2022. Grüner Laser fertigt filigranste Kupferstrukturen. In: Wt Werkstattstechnik 112(6), S. 368-371. DOI: 10.37544/1436-4980-2022-6-18.
- 4 Postler, Andreas, o.J. Produktion von Aluminiumformguss. Verfügbar unter: <http://www.aluinfo.de/produktion-und-bedarf.html> (Zugriff am 21.10.2022)
- 5 Breitkopf, A., 2021. Anzahl der Leichtmetallgießereien in Deutschland seit 2005. Statista GmbH, März 2021. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/169655/umfrage/anzahl-derleichtmetallgiessereien-in-deutschland-seit-2005/#professional> (Zugriff am 30.08.2021).
- 6 Kammer, Catrin, 2012. Aluminium-Taschenbuch: Bd. 1 Grundlagen und Werkstoffe, S. 39. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- 7 Günnel, Thomas, 2022. Aluminium: Wie sich Preise, Eigenschaften und Recycling verändern. Verfügbar unter: <https://www.automobil-industrie.vogel.de/aluminiumwie-sich-preise-eigenschaften-und-recycling-veraendern-a-1096620> (Zugriff am 19.09.2022).
- 8 Michaelis, Sarah et al. 2020. Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030. Update 2020. Frankfurt am Main, VDMA Verlag GmbH.
- 9 Anteil Open Access 2021: 56 % und 2022: 62 %. Quelle: Scopus, Stand Nov. 2022. Verfügbar unter <https://www.scopus.com/affil/profile.uri?afid=60109820>.
- 10 Fraunhofer IRB, 2019 bis 2021. Fraunhofer Wissenschaftsindikatorik, Ergebnisse zur Datenerhebung Berichtsjahre 2019 bis 2021. Interne Veröffentlichungen.

Bildquellen

Alle Bilder © Fraunhofer IGCV, außer:

Titelbild, S. 3, 11, 20, 35, 39, 57, 68: © Fraunhofer IGCV_Bernd_Müller
S. 5, 60: © Fraunhofer IGCV_Andreas_Heddergott
S. 13: © Volocopter
S. 33: © malp – stock.adobe.com
S. 42: © basierend auf <http://s.fhg.de/nyD> Seiten 14-15.
Angepasst und geändert Fraunhofer IGCV
S. 43: © iStock-Jasmina007
S. 46: © MAN
S. 47: © Adobe Stock
S. 49: © A3_Christian-Strohmayr
S. 61: © Fraunhofer IIS
S. 63: © Fraunhofer-Verbund Produktion
S. 69 – mittleres Bild: © NR_Metallbau_Johannes_Huisman
S. 69 – unteres Bild: © Fraunhofer IGCV_Oliver_Heissner
Rückseite Umschlag: © Rawpixel.com – Freepik.com

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für
Gießerei-, Composite- und
Verarbeitungstechnik IGCV

Am Technologiezentrum 2
86159 Augsburg
Telefon +49 821 90678-0

info@igcv.fraunhofer.de
www.igcv.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub
Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler
Prof. Dr.-Ing.-Wolfram Volk (geschäftsführend)

Redaktion

Eva Kern, Fraunhofer IGCV
Anne Nestler, 4iMEDIA GmbH
Jana Reichardt, 4iMEDIA GmbH

Gestaltung und Produktion

4iMEDIA GmbH, Leipzig

Druck

deVega Medien GmbH, Augsburg

Redaktionsschluss

21. Dezember 2022

Bibliografische Angaben

Diese Publikation ist dauerhaft nachgewiesen
im Repositorium der Fraunhofer-Gesellschaft
unter <https://doi.org/10.24406/publica-590>.

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet
diese Publikation in der Deutschen Natio-
nalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de>
abrufbar.

Wenn Sie aktuelle Informationen über das
Fraunhofer IGCV erhalten möchten, folgen Sie
bitte diesem Link:



© 2022 Fraunhofer IGCV. Der Text dieses Jahresberichts wurde unter der Lizenz »Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen Deutschland« in Version 4.0 veröffentlicht. Unter der Bedingung, dass die Publikation als »Fraunhofer IGCV | Jahresbericht 2021/2022« unter Nennung der jeweiligen Autoren und der Lizenz als »Lizenz: CC BY-SA 4.0 de« einschließlich der untenstehenden Lizenz-URL genannt werden, darf der Text dieser Broschüre vervielfältigt, weitergereicht und auf beliebige Weise genutzt werden, auch kommerziell und ebenso online wie in gedruckter oder anderer Form. Die vollständigen Lizenzbedingungen sind zu finden unter der URL <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>. Bei Verwendung ist ein Belegexemplar bzw. Link erbeten.



Neugierig geworden?

Folgen Sie uns in den sozialen Medien

-  @Fraunhofer IGCV
-  @FraunhoferIGCV
-  @fraunhofer.igcv
-  @FraunhoferIGCV

Weitere Ausgaben unseres Jahresberichts sowie die Bestellmöglichkeit finden Sie hier:

