



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA

Jahresbericht 2022

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA**



Jahresbericht 2022

Inhaltsverzeichnis

Editorial	6	<i>Intelligente Automatisierung und Reinheitstechnik</i>	
Instituts- und Bereichsleitung	8	Bild- und Signalverarbeitung	42
Produktionsforschung in Stuttgart	10	Cyber Cognitive Intelligence	43
Das Institut in Zahlen	11	Reinst- und Mikroproduktion	43
Organisationsstruktur	12	Roboter- und Assistenzsysteme	44
Highlights	14	<i>Medizin- und Bioproduktionstechnik</i>	
Studien und Auszeichnungen	16	Biomechatronische Systeme	44
Kuratorium	18	Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik	45
Titel:		<i>Oberflächen- und Materialtechnik</i>	
Mit Energieflexibilität zur Energiewende	20	Beschichtungssystem- und Lackiertechnik	45
Geschäftsfelder		Funktionale Materialien	46
Automotive	35	Galvanotechnik	46
Elektronik und Mikrosystemtechnik	35	<i>Fertigungs- und Prozesstechnik</i>	
Energie	36	Additive Fertigung	47
Gesundheitsindustrie	36	Leichtbautechnologien	47
Maschinen- und Anlagenbau	37	Industry on Campus	
Prozessindustrie	37	ARENA2036	49
Abteilungen		Future Work Lab	49
<i>Ressourceneffiziente Produktion</i>		Lab elektronische Funktionsintegration in additiv gefertigte Bauteile	50
Biointelligente Produktion	39	Lab Flexible Blechfertigung	50
Digitalisierte Batteriezellproduktion	39	nCLAS Innovation Center für Laborautomatisierung	51
Industrielle Energiesysteme	40	Transferzentrum 5G4KMU	51
Nachhaltige Produktion und Qualität	40	Zentrum für Dispergiertechnik	52
<i>Vernetzte Produktion</i>		Zentrum für Partikeltechnik	52
Digitale Werkzeuge in der Produktion	41		
Fabrikplanung und Produktionsmanagement	41		
Unternehmensstrategie und -entwicklung	42		

S-TEC – Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus

KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme und Kognitive Robotik«	53
Leistungszentrum Mass Personalization	53
Zentrum für Additive Produktion	54
Zentrum für Biointelligente Produktion	54
Zentrum für Cyberphysische Systeme	55
Zentrum für Digitalisierte Batteriezellproduktion	55
Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme	56
Zentrum für Klimaneutrale Produktion und Ganzheitliche Bilanzierung	56
Zentrum für Leichtbautechnologien	57
Zentrum für Ultraeffizienz	57

Weitere Standorte

Arbeitsgruppe KI-noW – Künstliche Intelligenz für eine nachhaltig optimierte Wertschöpfung	59
EPIC – Centre of Excellence in Production Informatics and Control	59
Fraunhofer Austria Research GmbH – Center für Nachhaltige Produktion und Logistik	60
Fraunhofer Innovation Platform for Smart Manufacturing	60
Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation	61
Klinische Gesundheitstechnologien	61
Reutlinger Zentrum Industrie 4.0	62

Lehre, Aus- und Weiterbildung

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart	65
Institut für Energieeffizienz in der Produktion der Universität Stuttgart	65

Impressum	66
------------------	-----------



Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Leserschaft,

die Krisen der Vorjahre haben sich im Februar 2022 endgültig zur globalen Dauerkrise zusammengeballt: Der Ukrainekrieg hat weitreichende Folgen für Millionen von Menschen und viele Branchen, der Rückgang von Forschungs- und Handelskooperationen ist sicher nicht die schlimmste.

Auch für das IPA selbst war das Jahr 2022 turbulent: Stuttgarts Oberbürgermeister Frank Nopper beim Tag der offenen Tür, Landwirtschaftsminister Cem Özdemir trifft Care-O-bot®, Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger besucht das Future Work Lab ... Es war viel los auf dem Campus im vergangenen Jahr. Zahlreiche persönliche Treffen wurden nachgeholt, das Leichtbauzentrum endlich auch offiziell eröffnet, aber ein internes Großprojekt hat uns alle, insbesondere auch uns als Institutsleitung beschäftigt: Die systematische partizipative Formulierung und Weiterentwicklung unserer Leitlinien, der individuellen Vision der Abteilungen und der Mission des IPA. In diesem Editorial möchten wir einige Gedanken dazu mit Ihnen teilen.

Wir haben in den letzten Monaten und Jahren spannende und zukunftssträchtige strategische Themenfelder definiert, die zu uns passen. Das ist sehr gut gelungen. In vielen dieser Felder sind wir nämlich europaweit, wenn nicht weltweit, hervorragend aufgestellt: Wir haben sehr gute Rahmenbedingungen, tolles Know-how, und wir haben vor allem eine hochmotivierte und leidenschaftlich arbeitende Mitarbeiterschaft. Viele davon so unternehmerisch eingestellt wie Joseph Fraunhofer selbst.

Als Institutsleiter ist unsere Vision, dass sich das IPA als Gesamtorganisation erfolgreich fortentwickelt. Wenn wir es erreichen, alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in einen zunehmend motivierenden Kontext zu bringen, wenn wir also nicht nur inhaltlich die Nummer eins sind, sondern als Organisation, dann ist unsere Vision Realität geworden.

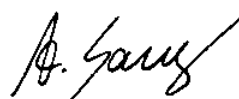
Positive Eigendynamik und Flow sind Begriffe aus der Glücksforschung, aus der Arbeitspsychologie. Wir Ingenieure formulieren das so: Wir wünschen uns und dem IPA-Team, dass uns alles stets leicht von der Hand geht, und dass wir einfach gerne zusammenarbeiten. Sich darum zu bemühen, dass dies immer besser gelingt, dies ist für uns als Personen sehr motivierend. Unsere Leserschaft, unsere Kundinnen und Kunden, unsere Partner ziehen ihrerseits den Nutzen daraus.

Für den weiteren Verlauf des Jahres 2023 wünschen wir Ihnen und uns viele gemeinsame interessante Projekte und einen wirklich guten Flow.

Mit den besten Grüßen
Ihr



Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl



Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer

Instituts- und Bereichsleitung



Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Institutsleiter
Bereichsleiter Vernetzte Produktion

Telefon +49 711 970-1100
thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de



Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer
Institutsleiter
Bereichsleiter Ressourceneffiziente Produktion

Telefon +49 711 970-3600
alexander.sauer@ipa.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Michael Hilt
Stellvertretender Institutsleiter
Bereichsleiter Oberflächen- und Materialtechnik

Telefon +49 711 970-3820
michael.hilt@ipa.fraunhofer.de



Volker Kübler
Kaufmännische Leitung

Telefon +49 711 970-3800
volker.kuebler@ipa.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Udo Gommel
Bereichsleiter Intelligente Automatisierung
und Reinheitstechnik

Telefon +49 711 970-1633
udo.gommel@ipa.fraunhofer.de



Dr. med. Urs Schneider
Bereichsleiter Medizin- und Bioproduktionstechnik

Telefon +49 711 970-3630
urs.schneider@ipa.fraunhofer.de



Prof. Dr.-Ing. Frank Döpper
Bereichsleiter Fertigungs- und Prozesstechnik

Telefon +49 921 78516-100
frank.doepper@ipa.fraunhofer.de

Produktionsforschung in Stuttgart

Das Fraunhofer IPA – eines der größten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft – wurde 1959 gegründet und beschäftigt annähernd 1200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Organisatorische und technologische Aufgabenstellungen aus der Produktion machen unsere Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte aus. Methoden, Komponenten und Geräte bis hin zu kompletten Maschinen und Anlagen werden von uns entwickelt, erprobt und exemplarisch eingesetzt. Die 19 Fachabteilungen des Fraunhofer IPA decken den gesamten Bereich der Produktionstechnik ab. Sie werden koordiniert durch sechs Geschäftsfelder und arbeiten interdisziplinär mit Industrieunternehmen der Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronik und Mikrosystemtechnik, Energie, Medizin- und Biotechnik sowie Prozessindustrie zusammen.

**Wir produzieren Zukunft:
nachhaltig, personalisiert,
smart.**

Leit- und Zukunftsthemen

Seit dem Jahr 2020 haben wir unsere Leit- und Zukunftsthemen auf zwölf Forschungsbereiche fokussiert:

- Batterieproduktion
- Biointelligente Wertschöpfung
- Digitale Transformation
- Frugale Produktionssysteme
- Kreislaufwirtschaft und klimaneutrale Produktion
- Künstliche Intelligenz für die Produktion
- Leichtbau und funktionale Beschichtungen
- Mass Personalization
- Reinheit in der Produktion
- Resiliente Wertschöpfung
- Robotertechnologien und Services
- Technologien für die menschenzentrierte Produktion

Wir produzieren Zukunft: nachhaltig, personalisiert und smart

Unsere Forschung und Entwicklung orientieren wir daran, nachhaltige und personalisierte Produkte wirtschaftlich zu produzieren. Zwei strategische Initiativen sind dafür wichtig: »Mass Sustainability« soll einen möglichst niedrigen Ressourcenverbrauch mit möglichst hohem Wohlstand verbinden. Durch »Mass Personalization« wollen wir die Kostenvorteile, die sich durch Massenproduktion ergeben (»Economies of Scale«), mit denen, die sich durch Flexibilisierung ergeben (»Economies of Scope«), vereinen. So versprechen wir uns individualisierte Produkte in Losgröße 1 zu Kosten der Massenfertigung.

S-TEC vernetzt Unternehmen mit Forschung und Politik

Um zukunftsrelevante Forschungsthemen voranzutreiben und schnell auf den Markt zu bringen, haben Fraunhofer, die Universität Stuttgart und die Landesregierung Baden-Württemberg gemeinsam S-TEC initiiert. Auf dem Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus koexistieren Leuchtturmfor- schung, Industry-on-Campus-Projekte und Gründungen. S-TEC vernetzt Unternehmen mit der thematisch breit gefächerten Forschungslandschaft am Standort Stuttgart. Der Campus wird nach zukunftsrelevanten Forschungsthemen mit hohem technischem Innovationscharakter wie additive und klimaneutrale Produktion, cyberphysische Systeme, digitalisierte Batterie- zellenproduktion sowie frugale Produkte und Produktionssysteme in Zentren organisiert.

Von der digitalen zur biologischen Transformation

Was kommt nach der Digitalisierung der Wertschöpfung? Das Fraunhofer IPA nimmt in der Entwicklung der biointelligenten Wertschöpfungssysteme bereits heute eine Schlüsselrolle ein. Die biologische Transformation wird in Zukunft Natur und Technik, also die Bio- und die Technosphäre, zusammenführen. Die durch die Evolution in 3,5 Milliarden Jahren optimierten Prinzipien, Prozesse und Organismen werden immer stärker in die industrielle Wertschöpfung Einzug halten. Durch Innovationen aus der Bio- und Informationstechnik können sie kultiviert und für zahlreiche industrielle Prozesse genutzt werden. So wird die Wertschöpfung effektiver, effizienter und nachhaltiger – zum Wohl der Menschen und ganz besonders der Umwelt.

Das Institut in Zahlen

Haushalt

(in Mio. €) ¹	2018	2019	2020	2021	2022
Haushalt gesamt	74	76	74	82	90
Betriebshaushalt	68	72	70 ²	77 ²	82 ²
Investitionshaushalt	6	4	4	5	8
Wirtschaftserträge	28	29	21	23	24

¹ Alle Werte inkl. Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien, Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement

² Angepasste Betriebshaushalte 2020-2022: jeweils erhöht um kostenentlastende interne Leistungsverrechnungen mit IPA-Wertschöpfung i. H. v. rd. € 2 Mio. (2020-2021) bzw. € 3 Mio. (2022)

Anzahl der Mitarbeitenden

Fraunhofer IPA (ohne Austria und EPIC)	692
Fraunhofer IPA, Wissenschaftliche Hilfskräfte und Praktikanten (ohne Austria und EPIC)	327
Fraunhofer Austria Research GmbH Center für Nachhaltige Produktion und Logistik (NPL)	106
Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP)	36
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)	64

Stand 31.12.2022

Weitere Kennzahlen

	2020	2021	2022
Erteilte Patente	23	24	23
davon in Deutschland	8	5	10
international	15	19	13
Abgeschlossene Lizenzverträge	8	11	5
Eingetragene Ausgründungen (GmbHs)	2	1	1
Start-ups im Company-Builder AHEAD	11	9	11
Dissertationen	10	16	20
Veröffentlichungen	730	870	855

Organisationsstruktur



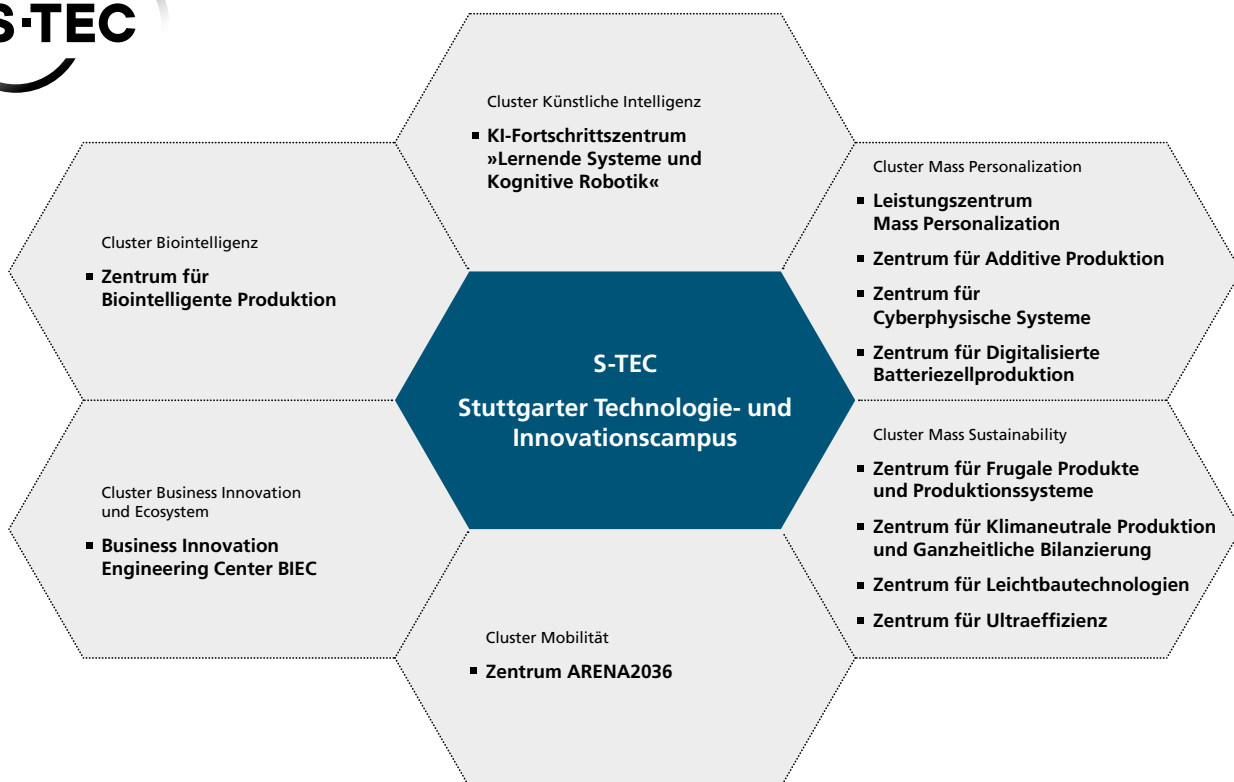
Fraunhofer IPA Stuttgart

- **Institutsleiter**
Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer
- **Stellvertretender Institutsleiter**
Dr. rer. nat. Michael Hilt MBA

Weitere Standorte

- **Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation**
Bayreuth
- **Klinische Gesundheitstechnologien**
Mannheim
- **Reutlinger Zentrum Industrie 4.0**
Reutlingen
- **Arbeitsgruppe KI-noW – Künstliche Intelligenz für eine nachhaltig optimierte Wertschöpfung**
Schweinfurt
- **EPIC – Center of Excellence in Production, Informatics and Control**
Budapest
- **Fraunhofer Project Center for Electroactive Polymers at AIST**
Kansai
- **Project Center for Smart Manufacturing**
Shanghai
- **Fraunhofer Austria Research GmbH**
Wien

19 Fachabteilungen decken den gesamten Bereich der Produktionstechnik ab. Sie werden koordiniert durch sechs Geschäftsfelder und arbeiten interdisziplinär mit Industrieunternehmen unterschiedlicher Branchen zusammen.



Stand: Mai 2023

Das Fraunhofer IPA arbeitet nicht nur interdisziplinär über Fachabteilungen und Geschäftsfelder zusammen, sondern forscht und entwickelt auch in diversen Zentren im Rahmen der Initiative S-TEC, des Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus.

Highlights



Frank Nopper beim Tag der offenen Tür

25. Juni | Wie gestaltet angewandte Forschung die Zukunft? Unter dieser Leitfrage und dem Motto »Erleben, Staunen, Verstehen – Nachhaltig leben mit Fraunhofer« lud das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart zum Tag der offenen Tür ein. Im Rahmen des 2. Stuttgarter Wissenschaftsfestivals nahmen etwa 500 Besucherinnen und Besucher das

Angebot an Laborführungen, Vorträgen und Mitmachaktionen rund um die Themen Mobilität, Produktion sowie nachhaltige Lebens- und Arbeitswelten wahr. »Die Stuttgarter Fraunhofer-Institute sind Leuchttürme für die Wissenschaftsstadt Stuttgart«, so Oberbürgermeister Dr. Frank Nopper bei der Veranstaltungseröffnung.



Cem Özdemir trifft Care-O-bot®

7. Juli | An diesem Tag bat unser Roboterassistent zu Tisch. Um genau zu sein: zum Nachtschicht. Auch der Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft machte einen Zwischenstopp und informierte sich bei Wissenschaftler Simon Baumgarten. Im Rahmen der 57. Stallwächterparty, dem Veranstaltungsflaggschiff der Vertretung des Landes

Baden-Württemberg beim Bund, präsentierte sich das Fraunhofer IPA in Berlin. Passend zum Motto »THE LÄND: Transformation | Innovation | Erfindungen« zeigten auch Unternehmen wie Mercedes, Bosch und Trumpf den über 1000 geladenen Gästen neueste Innovationen. Baden-Württembergs Ministerpräsident Winfried Kretschmann eröffnete das Event.



Forschungsneubau für Leichtbautechnologien eröffnet

14. Juli | Gemeinsam eröffneten die baden-württembergische Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Institutsleiter Prof. Thomas Bauernhansl und der damalige Bereichsleiter Dr. Marco Schneider des Fraunhofer IPA sowie Georg Gewers von Gewers & Pudewill Architekten den Neubau für Leichtbautechnologien des Fraunhofer IPA. Mit dem

durch EU, Bund und das Land geförderten Projekt steht nach drei Jahren Bauzeit das erste Gebäude des Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus S-TEC in Stuttgart-Vaihingen. Ziel ist es, Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung von Leichtbaulösungen in deren Produkten, Produktion und Produktionssystemen zu unterstützen.



Zusammenarbeit mit Japan ausgebaut

25. Juli | Das Maschinenbauunternehmen Sugino hat eine strategische Partnerschaft mit dem Fraunhofer IPA geschlossen. Mitarbeitende beider Partner werden in den nächsten zwei Jahren gemeinsam in den Zentren für Dispergiertechnik und Partikeltechnik forschen. Der Schwerpunkt ist die industrielle Verarbeitung von Biopolymeren. Mit diesem

Kooperationsprojekt wurde auch die Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer IPA und der wichtigsten Forschungseinrichtung für angewandte Forschung in Japan, dem National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Kansai (AIST Kansai) in Japan, erneuert.

Im Austausch mit Frankreich zur Energieflexibilisierung

21. September | Gaël de Maisonneuve, französischer Generalkonsul in Stuttgart, Hervé Martin, Attaché für Wissenschafts- und Hochschulkooperation für Bayern und Baden-Württemberg der französischen Botschaft, und Agate Guillot, Referentin der französischen Botschaft, kamen zu Besuch ans Fraunhofer IPA. Sie informierten sich über

die transferorientierte Forschung und das Forschungsprojekt »SynErgie«. Empfangen wurden die Gäste von Institutsleiter Prof. Alexander Sauer und Wissenschaftler Bijan Sadjjadi, beide vom Fraunhofer IPA. SynErgie ist eines der Kopernikus-Projekte und arbeitet unter anderem an der Energieflexibilisierung der Industrie.



Dänische Delegation informiert sich über Robotik und KI

26. Oktober | Prof. Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer IPA, empfing eine Delegation aus hochrangigen Gästen aus Dänemark, angeführt von der dänischen Botschafterin in Deutschland, Susanne Hyldelund. Eingeladen hatte das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg. Das Fraunhofer IPA war eine von mehreren

Stationen auf einer Delegationsreise. Im Fokus standen hier die Erfolgsgeschichten aus der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Unternehmen, die am S-TEC in der Projektform »Industry on Campus« und in langfristig angesetzten Kooperationen realisiert werden.



Bundesforschungsministerin besucht Future Work Lab

28. Oktober | Im Rahmen ihrer Chancentour machte die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger MdB, auch Station in Stuttgart. »Das Future Work Lab macht erlebbar, wie Industriearbeit in Zukunft aussehen könnte und vor welchen Herausforderungen wir gerade mit Blick auf die Digitalisierung stehen. Dabei ist mir

wichtig, dass wir diese Zukunft als Chance begreifen. Neue Technologien und neue Arbeitsweisen sind die Werkzeuge, die es uns erlauben, den Wandel zu gestalten und Wachstum und Wohlstand zu sichern«, so ihr Fazit. Seit der Eröffnung im Jahr 2017 besuchen mehr als 15 000 Interessierte aus aller Welt die Fraunhofer-Forschungsumgebung.



Unternehmen auf dem Weg zur Klimaneutralität unterstützen

23. November | Ein Akt mit Symbolkraft: Mit dem Banddurchschneiden ist das Zentrum für Klimaneutrale Produktion und Ganzheitliche Bilanzierung offiziell eröffnet. Von links: Dr. Markus Wolperdinger, Leiter Fraunhofer IGB, Prof. Thomas Bauernhansl, Leiter Fraunhofer IPA, Steffen Kiemel, Zentrumsleiter, Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für

Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg, Prof. Dr. Philip Leistner, Leiter Fraunhofer IBP, Dr. Daniel Wehner, Zentrumsleiter, Dr. Anna-Lena Klingler, Fraunhofer IAO. Ein Schwerpunkt liegt auf der Verringerung von Treibhausgasemissionen, ein weiterer auf Nachhaltigkeitsbewertungen und der Umsetzung umweltrelevanter Vorgaben.



Studien und Auszeichnungen (Auswahl)



Wenn Unternehmen ihre Produktion datenbasiert optimieren wollen, verwenden sie Industrial-Internet-of-Things-Plattformen. IIoT-Plattformen sammeln Daten aus Maschinen und anderen Geräten und ermöglichen aufwandsarme Analysen und Optimierungen. Wofür Unternehmen IIoT-Plattformen einsetzen, welche es gibt, wie die passenden IIoT-Plattform zu finden sind und welche Rolle diese zukünftig in der Produktion spielen werden, erfahren Unternehmen in diesem Whitepaper.

Download: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien/Bestell-Formulare/Bestellung-der-studie-IIoT-Plattformen.html>



Nachhaltiges Wirtschaften ist auf dem Weg zum New Normal und bietet Unternehmen die Möglichkeit zur langfristigen Sicherung des Unternehmenserfolgs – unter anderem durch eine Erhöhung der Resilienz der eigenen Wertschöpfungskette. Wer heute erfolgreich Maßnahmen zur betrieblichen Emissionsverringerung implementiert, sichert seinem Unternehmen Wettbewerbsvorteile in der Zukunft. In der vorliegenden Studie wird der gegenwärtige Status des verarbeitenden Gewerbes auf dem Weg zu Zero Emission eingeordnet. Erfolgreiche Anwendungsbeispiele von Maßnahmen zur Emissionsverringerung runden das Bild ab.

Download: https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien/Bestell-Formulare/Bestellung-der-studie-zero_emission.html



Matrixproduktionssysteme werden als Lösungsansatz für eine wirtschaftliche Produktion in einem herausfordernden Marktumfeld mit sinkenden Stückzahlen, steigender Variantenvielfalt und schlechter Prognostizierbarkeit von Kundenbedarfen diskutiert. In der im Jahr 2022 erschienenen Expertise »Umsetzung von cyberphysischen Matrixproduktionssystemen« ermitteln die Fraunhofer-Institute IPA und IWU den Umsetzungsstand von Matrixproduktionssystemen. Knapp dreißig Unternehmen – Anwender von Matrixproduktionssystemen und Technologieanbieter – wurden ausführlich befragt, ihre Produktionssysteme und Lösungen analysiert und in ein eigens entwickeltes Reifegradmodell eingeordnet.

Download: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien/Bestell-Formulare/Bestellung-der-expertise-umsetzung-von-cyber-physischen-matrixproduktionssystemen.html>

Digitale Simulationen statt Trial and Error

Im Projekt PaintVisco modellierten Forschende am IPA die Entwicklung und Verarbeitung von Lacken. Die Daten dafür liefert ein neu konzipiertes Rheometer, mit dem sich erstmals exakt die viskoelastischen Eigenschaften von Lacken beim Trocknen und Aushärten messen lassen – Vorbild bei der Technologie-Entwicklung war dabei die Echo-Ortung der Fledermaus.

Dr. Fabian Seeler betreute die studentische Abschlussarbeit auf der Basis von Fledermausmessungen von **Nicolas Keinath**. Sie wurde mit dem vom Lackhersteller Man-kiewicz gestifteten Absolventenpreis der Hochschule Esslingen ausgezeichnet. Zusammen mit **Dr. Oliver Tiedje** erhielt Seeler außerdem den Lackchemie-Preis der Gesellschaft Deutscher Chemiker.



IPA auf Platz 1 beim FIT2clean-Award 2022

Große Freude bei IPA-Gruppenleiter **Markus Rochowicz**. Der Fachverband industrielle Teilereinigung e.V. (FIT) lobte im Jahr 2022 erstmalig den Fit2clean-Award aus und das IPA gewann den ersten Platz. Das Journal für Oberflächentechnik, kurz JOT, schreibt dazu: »Was zuerst absurd erscheinen mag – das brennbare Gas Butan als Reinigungsmedium zu verwenden – zeigt bei näherer Betrachtung eine Vielzahl von Potenzialen für einen energiesparenden Teilereinigungsprozess. Butan wird bei leichtem Überdruck (ca. 5 bar) flüssig und besitzt bei Raumtemperatur neben einer hervorragenden Spaltgängigkeit auch ein sehr hohes Lösevermögen für Öle. Bei Entspannung auf Normaldruck verdampft es, sodass eine gesonderte Trocknung der Bauteile entfällt – ebenso wie eine eventuelle Kühlstrecke. Sogar die Trocknung erfolgt absolut rückstandsfrei. Darüber hinaus lässt sich die bei der Verdampfung freigesetzte Kälte zur Kühlung anderer Prozesse einsetzen.« (<https://jot-oberflaeche.de/branche/premiere-fit2clean-award-2022-geht-an-3264881.html>)



Forschungspreis 2022 der Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Daniel Palm von der Fakultät ESB Business School erhielt den diesjährigen mit 5000 Euro dotierten Forschungspreis der Hochschule Reutlingen für seine besondere Forschungsleistung. Die gewonnenen Ergebnisse im Bereich von Liefernetzwerken helfen, Störungen, Risiken und deren Auswirkungen in der Lieferkette zu bewältigen. Außerdem können die Informationen die Organisation der Belieferung sowie Wiederverwertung von Teilen oder Materialien nach der ersten Verwendung in Richtung einer Kreislaufwirtschaft verbessern. Die Kooperation mit der ESB Business School der Hochschule Reutlingen wird seit dem Jahr 2016 in der Fraunhofer-Gesellschaft als Außenstelle des Fraunhofer IPA geführt (s. S. 62).



Außerdem

Mit dem **FpF-Promotionspreis 2021** (Preisverleihung wegen Corona von 2021 auf 1. Juli 2022 verschoben) wurde **Uwe Schleinkofer** für seine Dissertation »Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen« ausgezeichnet.

Den 3. Preis beim **Best Paper Award der CURAC Jahrestagung 2022** erhielten **Jacqueline Ritter, Lennart Karstensen, Jens Langejürgen, Johannes Hatzl, Franziska Mathis-Ullrich, Christian Uhl** für den wissenschaftlichen Beitrag »Quality-Dependent Deep Learning for Safe Autonomous Guidewire Navigation«.

Den mit 10 000 Euro dotierten Fraunhofer **Alumni Award – »TECHNOLOGY4DEVELOPMENT«** hat das Team Infu-Safe! gewonnen. **Julia Chen, Patrick Klemm, Philipp Radler, Jens Langejürgen, Johannes Horsch** entwickeln speziell für den Einsatz in ressourcenschwachen Ländern ein leicht zu handhabendes und kostengünstiges Infusionsgerät, das sichere Medikamentendosierungen ermöglicht.

Kuratorium

Vorsitzende des Kuratoriums

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber



Ehem. Daimler AG
Vorstand Konzernforschung
Mercedes-Benz
Cars Entwicklung

**Vorsitzender des
Kuratoriums**

Dr.-Ing. Jürgen Geißinger



JMG Business
Consulting
Geschäftsführer

**Stellv. Vorsitzender
des Kuratoriums**

Mitglieder des Kuratoriums

Ulrich Dietz



GFT Technologies SE
Chairman of the Board

Dr. Anke Kovar



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
e. V.
Leiterin der Standorte
Stuttgart und Lampoldshausen

Dr.-Ing. Stefan Hartung



Robert Bosch GmbH
Vorsitzender der
Geschäftsführung

MinDirig Günther Leßnerkraus



Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg, Leiter der Abteilung 3 – Industrie, Innovation, wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen und Digitalisierung

MinDirig Markus Heß



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
Leiter der Unterabteilung Industrie und Mobilität der Zukunft

Dr. Dirk Eric Loebermann



DELTECON GmbH
Geschäftsführer

Dr.-Ing. Mathias Kammüller



TRUMPF SE + Co. KG
Mitglied des Vorstands
und geschäftsführender
Gesellschafter

Dr. Lorenz Mayr



Vector BioPharma AG
Basel, CH
CEO

Dr.-Ing. Bernhard Klumpp



Continental Teves AG & Co. oHG
Executive Vice President

Dr.-Ing. Kai-Udo Modrich



Carl Zeiss Automated
Inspection GmbH &
Co. KG
Geschäftsführer

Ralf Münchow



Bundesministerium für
Bildung und Forschung

Prof. Dr.-Ing. Heike Vallery



TU Delft

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult.
Rolf Dieter Schraft**



Ehem. Fraunhofer IPA
Institutsleiter

Hartmut Rauen



Verband Deutscher
Maschinen- und
Anlagenbau e. V.
(VDMA)
Mitglied der Haupt-
geschäftsführung

Dr.-Ing. Eberhard Veit



Geschäftsführender Ge-
sellschafter der Robert
Bosch Industrietreuhand
KG und Gesellschafter
der 4.0-VeIT GbR

**Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h.
Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper**



Ehem. Fraunhofer IPA
und IFF der Universität
Stuttgart
Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Ressel



Universität Stuttgart
Rektor

Dr.-Ing. Anna-Katharina Wittenstein



WITTENSTEIN SE
Mitglied des Vorstands

Prof. em. Dr. rer. pol. Erich Zahn



Ehem. Universität Stutt-
gart
Lehrstuhl für Allg. BWL
und Strategisches
Management

Dr.-Ing. Karl-Heinz Stellnberger



voestalpine Stahl GmbH
F&E Prozessleitung
für Korrosionsschutz
und Dünnschichtbeschich-
tungen

Dr. Christoph Theis



P3 group GmbH
Geschäftsführer

Ehrengäste des Kuratoriums



Mit Energieflexibilität zur Energiewende

2045 soll der Strom in Deutschland vollständig aus erneuerbaren Quellen stammen. Eine gewaltige Aufgabe. Durch die Energiewende wird sich der Stromverbrauch bis 2045 in etwa verdoppeln, nämlich von 540 auf über 1000 Terrawattstunden pro Jahr. Hinzu kommt, dass Energie aus erneuerbaren Ressourcen nicht immer beliebig verfügbar ist. Das Wetter ist wechselhaft, die Stromerzeugung durch Wind und Sonne schwankt, sie ist volatil. 44 Prozent des Strom- und rund 25 Prozent des Wärmeverbrauchs in Deutschland entfallen auf die Industrie. Unternehmen müssen in die Lage versetzt werden, ihre Prozesse so zu gestalten, dass sich ihr Energieverbrauch flexibel an das volatile Energieangebot anpassen lässt. Strom dann verbrauchen, wenn er billig, weil verfügbar ist. Dadurch werden zugleich die Stromnetze entlastet. Diesen Ausgleich der Schwankungen im Stromnetz nennen die Energieexperten »Demand Response«. Energieflexibilität führt also auf der Nachfrage- und Angebotsseite zu einer Win-win-Situation.

Im Kopernikus-Projekt SynErgie und im Forschungsprojekt DC-INDUSTRIE2 hat das Fraunhofer IPA gemeinsam mit Partnern Strategien für Energieflexibilität entworfen sowie Technologien identifiziert und entwickelt. Mit diesen werden Unternehmen befähigt, die volatile Erzeugung durch erneuerbare Energien besser zu nutzen. Damit sind Voraussetzungen geschaffen, den Energiebedarf der deutschen Industrie mit dem volatilen Energieangebot zu synchronisieren.

Flexibel durch Speichertechnologien und Energieträgerwechsel

Wie kann die Industrie den Energieverbrauch flexibel an das volatile -angebot anpassen? Die Produktion kann ja nicht einfach mit dem

Wetter hoch- und heruntergefahren werden? Wenn Unternehmen in die Lage versetzt werden, Prozessfenster und Energiespeicher zu nutzen, können sie Energieangebot und -nachfrage ausbalancieren: Einige, meist vorgelagerte Prozesse werden heruntergefahren, wenn der Strom knapp und wieder hochgefahren, wenn ein Überschuss vorhanden ist. Andere für die laufende Produktion entscheidende Prozesse werden über Energiespeicher versorgt. So bleibt am Ende des Tages die Kundenbelieferung trotzdem sichergestellt.

Eine andere Variante wäre: Die Produktion wird dem Wetter insofern angepasst, als der Energieträger mit dem Wetter gewechselt wird. Sprich: Wenn der Strom knapp wird, wird die Produktion bei durchlaufzeitkritischen Prozessen mit einem anderen Energieträger

Anlagen, die auf das volatile Energieangebot mit einem Energieträgerwechsel reagieren können, leisten kurz- und langfristige wesentlichen Beitrag zur Energiewende.

weitergefahren. Eine Beispieltechnologie ist der bivalente Schmelzofen. Das heißt, dass ein Schmelzofen oder eine Anlage, die auf Basis von Strom funktioniert, auch mit einem alternativen Energieträger läuft. Wenn jetzt der alternative Energieträger im Betrieb günstiger ist oder Strom aus irgendeinem Grund nicht verfügbar ist, dann wechselt die Anlage automatisch auf den zweiten Energieträger und stellt damit die Produktion sicher.

Effizient mit DC-Netzen

Eine weitere Möglichkeit, den Stromverbrauch in der Produktion zeitlich flexibel auszurichten, bietet die DC-Technologie. Mit Gleichstrom (engl. Direct Current, abgek. DC) können Unternehmen ihren Betrieb energieflexibel und hocheffizient gestalten, weil DC Bremsenergie aus Prozessen direkt wiedergewinnen, fachsprachlich ausgedrückt rekuperieren kann und mit geringeren Wandlungsverlusten für andere Verbraucher bereitstellt. Sind energieflexible Anlagen, deren Energieaufnahme sich temporär verändern lässt, oder elektrische Speicher in einem offenen DC-Netz verbunden, so kann die dezentrale Regelung aufwandsarm die Energieverteilung zwischen den Systemen und dem Bezug aus dem Netz regeln. Damit wird einfach ein energieflexibler Betrieb realisiert. Gleichzeitig steigt die Energieeffizienz und Ressourcen, zum Beispiel der Kupferbedarf in den Leitungen, werden eingespart.

Die Produktion mit der Stromerzeugung synchronisieren

Um Schwankungen im Stromnetz auszugleichen, ist Energieflexibilität ein wesentliches Mittel. Damit der Energiebedarf der einzelnen Unternehmen effektiv mit dem volatilen Energieangebot synchronisiert werden kann, bedarf es noch eines anderen Instruments. Im SynErgie-Projekt entsteht eine sogenannte Energiesynchronisationsplattform. Sie besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil, die Unternehmensplattform, kann die einzelnen Flexibilitäten eines Unternehmens überwachen und zusammenzuführen. Sie sagt dem Unternehmen, wann es welche Flexibilität hat und wie es

diese Flexibilität am Markt nutzen könnte, um günstig Energie einzukaufen oder zu verkaufen, wenn es sie vorher schon eingekauft hat.

Der zweite Teil ist eine Marktplattform. Sie sorgt dafür, dass Unternehmen, die Flexibilität nachfragen, mit dem Angebot zusammenkommen. Sogenannte Aggregatoren können sich auf der Plattform registrieren und ihr Interesse melden, Flexibilitäten einzukaufen oder zu verkaufen. Die Marktplattform vermittelt dann die Unternehmensflexibilitäten an die Flexibilitätsvermarkter. Und die Vermarkter wiederum verkaufen dann die Flexibilität an der Energiebörse. Die Energiesynchronisationsplattform vermittelt also zwischen den Händlern an den Energiebörsen und den Unternehmen, die Flexibilität bereitstellen können. Sie ist keine Energiehandelsplattform, bietet aber ein komplexeres Vermittlungsniveau als bisherige Plattformbetriebe, die typischerweise Einzelanlagen in Unternehmen schalten.

Auf den folgenden Seiten lesen Sie, wie in verschiedenen Projekten die Produktion durch Energieflexibilität mit der Energieerzeugung synchronisiert wird: über hybride Energiespeicher, mittels Energieträgerwechsel am Beispiel eines bivalenten Schmelztiegelofens, durch die Umschaltung des Stromversorgungsnetzes in der Fabrik von Wechsel- auf Gleichstrom und durch eine Energiesynchronisationsplattform, die mithilfe digitaler Services Unternehmensflexibilitäten erfasst, verwaltet und vermittelt. Zum Schluss berichten wir aus dem KMUInnovativ-Projekt Climate Solution for Industries (CS4I). In diesem ist eine Plattform entstanden, auf der aus Messdaten ein produktscharfer »True Footprint« ermittelt werden kann.



Projekt-Steckbrief

Kopernikus-Projekt »SynErgie«

SynErgie ist Teil der Kopernikus-Projekte und arbeitet an der Energieflexibilisierung der Industrie. Zusammen bilden vier Projekte eine der größten Forschungsinitiativen der Bundesregierung zum Thema Energiewende. Im Kopernikus-Forschungsprojekt SynErgie entwickelt das Fraunhofer IPA in Zusammenarbeit mit mehr als 90 Industrieunternehmen, Wissenschaftsorganisationen und der Zivilgesellschaft Technologien, Konzepte und Maßnahmen, um Produktionsprozesse und Querschnittstechnologien an ein volatiles Energieangebot anzupassen. Ziel ist es, die Industrie zu befähigen, insbesondere den Stromverbrauch zeitlich flexibel zu gestalten und damit einen Beitrag zu leisten, um die schwankende Erzeugung durch erneuerbare Energien besser nutzen zu können. Ein inhaltlicher Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung einer IT-Plattform, mit der Unternehmen Energieflexibilität von der Produktionsmaschine bis zu den Energiemärkten durchgängig abbilden, automatisieren und vermarkten können.

- **Laufzeit:** 2016 bis 2026
- **Projektleitung und Gesamtkoordination:** Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart, Fraunhofer IPA
- **Fördergeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- **Fördersumme:** Bis zu 100 Mio. Euro
- **Weitere Informationen:** <https://synergie-projekt.de/>

Hybride Energiespeicher für die Energieflexibilität

Eine übergeordnete Rolle bei der Anwendung und Vermarktung von Energieflexibilität spielen Energiespeichertechnologien. Die Hauptfunktion von Energiespeichern ist die Ein- und Ausspeicherung von Energie. Damit schaffen Energiespeicher eine zeitliche Unabhängigkeit zwischen Erzeuger und Verbraucher von Energie.

Jede Energiespeichertechnologie besitzt unterschiedliche Restriktionen, die beim Einsatz in industriellen Prozessen beachtet werden müssen. Eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen, sind hybride Energiespeicher. Als hybrid werden diese Energiespeicher bezeichnet, weil sie aus mehreren, energieträgerübergreifenden Energiespeicherformen zusammengesetzt sind, die energetisch und regelungstechnisch miteinander gekoppelt sind. So können diese die jeweiligen Schwächen der Einzeltechnologien ausgleichen und beispielsweise die Energieflexibilität erhöhen, die spezifischen Investitionskosten reduzieren und die Systemeffizienz erhöhen.

Hybrider Energiespeicher im Forschungslabor.



Hybrider Speicher für thermische, mechanische und elektrische Energie

Um diese Energiespeicherformen zu testen und zu bewerten, wurde innerhalb der Forschungsprojekte SynErgie und SteffControl das gemeinsame Forschungslabor des Fraunhofer IPA und des EEP um einen hybriden Energiespeicher erweitert. So können reale Systeme in einer Laborumgebung abgebildet werden und Rückschlüsse auf die Realität gezogen werden. Der hybride Speicher umfasst drei verschiedene Energieformen, die teilweise be- und entladen werden können. Der Energiespeicher kann neben thermischer, auch mechanische und elektrische Energie aufnehmen und bei Bedarf abgeben. So entsteht ein hybrides energieträgerübergreifendes Energiespeichersystem.

Kältespeicher für andauernde Speicherung

Der thermische Energiespeicher besteht hierbei aus einem sensiblen Kältespeicher, der die Temperaturdifferenz zwischen ein- und austretendem Wasser nutzt, um Nutzenergie zwischen zu speichern. So kann mithilfe des Labordemonstrators in Kombination mit einer Kältemaschine Kälte erzeugt werden und bei Bedarf in den Speicher geladen werden. Diese kann zu einem späteren Zeitpunkt entladen werden. Diese Art von Energiespeicher ist vor allem für eine längerfristige Speicherung von thermischer Energie nützlich. Die Kombination dieses Energiespeichers mit einer strombetriebenen Kältemaschine kann Einfluss auf die Leistung am Netzanschlusspunkt nehmen und so Energieflexibilität bereitstellen.

Schwungmassenspeicher zum Ausgleich von Leistungsspitzen

Die mechanische Energie ist die zweite Energieform, die innerhalb des hybriden Energiespeichers gespeichert werden kann. Sie wird

mit Hilfe eines Schwungmassenspeichers in den hybriden Verbund aufgenommen und bei Bedarf abgegeben. Im industriellen Umfeld können so kurze und ausgeprägte Leistungsspitzen ausgeglichen werden und somit beispielsweise Lastspitzen, die die Stromnetze beanspruchen, vermieden werden.

Kondensatoren für die schnelle Reaktion auf Lastwechsel

Die letzte Energieform, die innerhalb des Laboraufbaus zu hybriden Energiespeichern, gespeichert werden kann, ist die elektrische Energie. Neben dem Schwungmassenspeicher und dem thermischen Energiespeicher existieren im Laboraufbau Kondensatoren, die elektrische Energie speichern können. Ursprünglich im Rahmen des Projekts Fast-StorageBW für den Test von PowerCaps im Labor integrierte Kondensatoren werden aus dem offenen, laborweiten DC-Netz versorgt. Diese Kondensatoren können hierbei DC-Strom einspeichern und sich bei Bedarf in das DC-Netz entladen. Die Besonderheit bei Kondensatoren ist, dass diese die elektrische Energie direkt speichern. Im Vergleich zu beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien findet keine elektrochemische Reaktion statt. So besitzen Kondensatoren die Möglichkeit, schnell auf Lastwechsel zu reagieren und punktuell hohe Leistungen bereitzustellen.

Tests in der Laborumgebung

Die vorgestellten Energiespeichertechnologien wurden zu einem hybriden Energiespeicher gekoppelt. Damit ist es möglich, reale multi-energetische Anwendungsfälle aus Produktionsprozessen darzustellen. Im Hinblick auf die energetische Energieflexibilisierung kann so die Energiespeicherung energieträgerübergreifend bewertet werden und die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Technologien und der Vorteil durch das technologieübergreifende hybride Energiespeichersystem analysiert werden. Dadurch können innerhalb der Laborumgebung wasserbasierte energetische Erzeugungs- und Verteilsysteme, die auf thermischer Energie basieren, Produktionssysteme, die zeitweise hohe elektrische Lasten vorweisen und

elektrische DC-Systeme gekoppelt miteinander bewertet werden. Verschiedene Prozesse, die innerhalb eines Produktionsprozesses parallel stattfinden, können zudem analysiert werden. Hinzu kommt, dass die Potenziale zur Flexibilisierung der Netzanschlussleistung, sowohl der einzelnen Energiespeichertechnologien des thermischen Energiespeichers mit der Kältemaschine, des Schwungmassenspeichers und der Kondensatoren als auch der Energiespeichertechnologien im Verbund, untersucht werden können.



Neben der Speicherung verschiedener Energieformen bietet der Laboraufbau rund um den hybriden Energiespeicher die Möglichkeit, Energie auf unterschiedlich aufgelösten Zeitebenen zu speichern. Entsprechend kann eine und langfristige und mittelfristige Energiespeicherung und Flexibilisierung mit dem thermischen Energiespeicher und eine kurzfristige und schnelle Energiespeicherung durch den Schwungmassenspeicher und die Kondensatoren ausgeführt werden.

Kontakt

Bijan Sadjjadi

Telefon +49 711 970-1338

bijan.seyed.sadjjadi@ipa.fraunhofer.de

Dietmar Hölderle

Telefon +49 711 970-1492

dietmar.hoelderle@ipa.fraunhofer.de

Energieflexibel ohne Unterbrechung des Fertigungsprozesses

Im Rahmen des Kopernikus-Projekts SynErgie haben Forschende des EEP der Universität Stuttgart und des Fraunhofer IPA zusammen mit der Bark Magnesium GmbH und der Hindenlang GmbH einen bivalenten Schmelztiegelofen entwickelt, der auf das volatile Energieangebot mit einem Energieträgerwechsel reagieren kann. Der Versuchsofen wurde nun aufgebaut, um den Energieträgerwechsel in der Produktion zu testen und simulativ optimieren zu können.

Bei all seinen Vorteilen verbraucht das wirtschaftliche Produktionsverfahren viel Energie – vor allem die Schmelz- und Warmhalteöfen. Im Tiegelofen werden die Metall- oder Magnesiumbarren aufgeschmolzen. Der Ofen wird mit Brenngasen, Heizöl oder elektrischen Heizelementen konstant auf einer hohen Temperatur betrieben. Da die Schmelze auf einer Betriebstemperatur gehalten werden muss, war das Ziel der Zusammenarbeit von Bark Magnesium mit den Partnern Hindenlang sowie dem EEP und dem Fraunhofer IPA, Energie flexibel und strompreisoptimiert zu nutzen, ohne den Produktionsprozess zu unterbrechen.



Messkonzept am Bivalenten Tiegelofen.

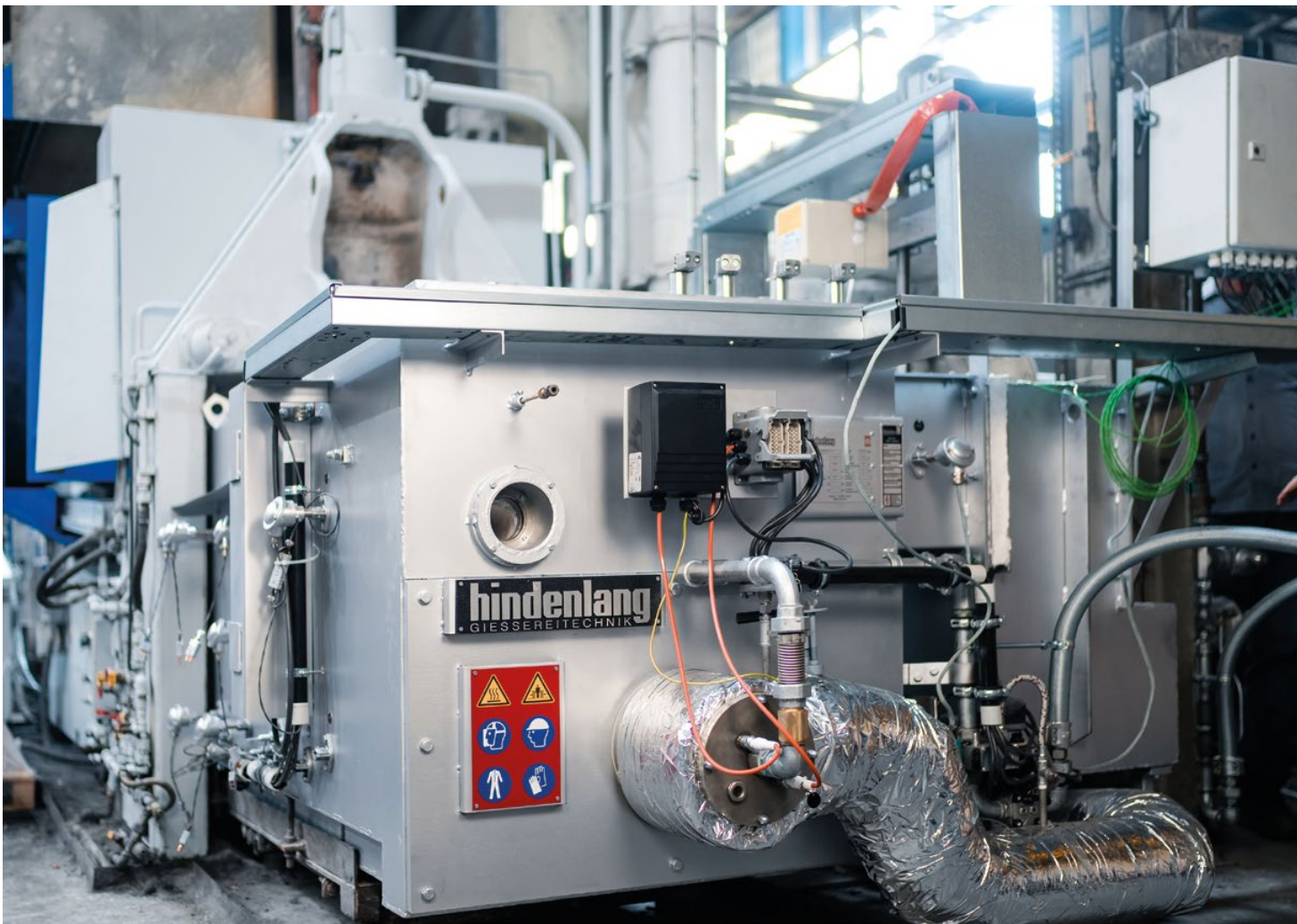
Druckguss ist ein Herstellungsverfahren für die Serien- oder Massenproduktion. Am häufigsten sind Druckgusslegierungen mit (niedrigem Schmelzpunkt wie) Aluminium, Zink und Magnesium. Unter hohem Druck und mit einer sehr hohen (Formfüll-)Geschwindigkeit wird die flüssige Schmelze in eine Gussform gedrückt, wo sie dann erstarrt. Mit den aus Stahl hergestellten Dauerformen werden bei einer Serie gleiche Bauteile mit hoher Präzision und Mengenleistung produziert.

Energieflexibler Betrieb durch bivalenten Tiegelofen

Tiegelöfen werden normalerweise nur mit einem Energieträger betrieben, monovalent. Bivalente Tiegelöfen hingegen können im Betrieb dynamisch zwischen den Energieträgern Strom und Gas wechseln. Auf diese Weise kann der Energiebedarf des Tiegelofens in beliebigen Betriebszuständen mit unterschiedlichen Energieträgern gedeckt werden. Dadurch kann der Betrieb auf die Schwankungen im Stromnetz reagieren: Er lässt sich mit Gas betreiben, wenn der Stromverbrauch besonders hoch ist – etwa morgens oder abends. Der Strombetrieb hingegen wird bei niedrigen Preisen präferiert. Bei einem Industrieanteil von 44 Prozent am Gesamtstromverbrauch leistet eine energieflexible Stromnachfrage einen erheblichen Beitrag bei der Neuausrichtung des gegenwärtigen Stromsystems hin zu einer erneuerbaren Energieerzeugung.

Forschen im laufenden Betrieb

Der Forschungspartner Bark Magnesium ermöglicht mit der Bereitstellung eines Produktionsbereichs den Aufbau und Betrieb des Ofens im industriellen Umfeld. Hierfür wurde der ursprünglich monovalent elektrisch



ausgelegte Fertigungsplatz um einen Kamin für den Gasbetrieb erweitert. Der Energieträgerwechsel zwischen Gas und Strom kann auf drei unterschiedlichen Wegen erfolgen. Neben der manuellen Auswahl des Energieträgers über die Ofensteuerung kann über ein Signal auf Hallennetzebene umgeschaltet werden. Ebenso besteht über die Hallennetzanbindung die Möglichkeit, den Wechsel, nachdem ein Signal des Stromanbieters eingegangen ist, durchzuführen. Durch den Einsatz der programmierbaren Steuerung und durch die Vorbereitung umfangreicher Schnittstellen kann das Energieflexibilitätspotenzial des Schmelztiegelofens deutlich gesteigert werden.

Das entwickelte Messkonzept ermöglicht es zudem, die Energieeffizienz in beliebigen monovalenten und bivalenten Betriebsfahrten zu bewerten, Temperaturhotspots zu lokalisieren und weitere Parameter wie Verlustwärmeströme oder die Flammenform im Ofen produktionsnah zu untersuchen. Damit können Simulationsmodelle validiert und

Optimierungsstrategien zum gleichzeitigen energieflexiblen und energieeffizienten Betrieb abgeleitet werden.

In Zusammenarbeit mit den Partnern hat das Forscherteam verschiedene Beheizungskonzepte modelliert, das Anlagenkonzept durch thermische Simulationen optimiert und die bivalente Ausgestaltung des Tiegelofens umgesetzt. Der Tiegelofen ist Bestandteil eines Anlagenparks inklusive Stanzen, Pressen und CNC-Maschinen in der Druckgießerei Bark Magnesium. Entwickelt wurde der Ofen im Kopernikus-Projekt SynErgie. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat das Vorhaben gefördert.

Energieflexibilität in der Produktion: Bivalenter Tiegelofen reagiert lastflexibel auf das Stromnetz durch Energieträgerwechsel, ohne die Produktion zu beeinflussen.

Kontakt

Alexander Mages
 Telefon +49 711 970-3679
alexander.mages@ipa.fraunhofer.de

Gleichstromversorgung in der Fabrik:

Energieflexibilität – serienmäßig im DC-Netz

Der elektrische Energiefluss in Unternehmen mit einer Wechselstromversorgung ist geprägt von einem im Wesentlichen unidirektionalen Energiefluss. Dieser beginnt beim Mittelspannungstransformator und verläuft über Stromschienen, Verteilschränke bis in die Maschine zum jeweiligen Antrieb. Bei geregelten Lasten wie Antrieben findet bereits eine Wandlung von Wechselstrom (AC) auf Gleichstrom (DC) statt und anschließend wieder zurück auf einen in der Frequenz modellierten Wechselstrom. Diese Kette aus Wandlungsstellen in der Energieübertragung eines Fabriknetzes ist mit Verlusten behaftet.

Die Gleichstromversorgung setzt am Energieeingang der Fabrik an: Statt dezentraler Gleichrichter direkt am Antrieb oder an anderen, geregelten Verbrauchern wird direkt am Mittelspannungstransformator die

Versorgung zentral auf DC umgeschaltet. Das DC-Netz versorgt nun alle Verbraucher und ermöglicht gleichzeitig die flexible Nutzung von unterschiedlichen Quellen wie dem Versorgungsnetz, PV-Anlagen, Speicher oder Eigenenergieerzeugungsanlagen durch den integrierten Smart-Grid-Ansatz. Dieser Smart-Grid-Ansatz in dem offenen DC-Netz ist durch eine dezentrale Regelung, basierend auf Kennlinien, organisiert. Dabei ändert sich die Netzspannung in einem definierten Arbeitsbereich von rund +/- 10 Prozent und spiegelt so den energetischen Zustand des Netzes wider. Steigt die Spannung, erkennen Erzeuger, Speicher und auch energieflexible Lasten sofort den möglichen Energieüberschuss und können durch geringere Erzeugung, Speicherung oder Nutzung reagieren. Kennlinien geben die Priorisierung der Maßnahmen vor. Sinkt die Spannung, herrscht Energieknappheit bzw. muss Energie teuer aus dem Netz zugekauft werden. Wieder können sich die Teilnehmer darauf einstellen. Somit lässt sich Stabilität im

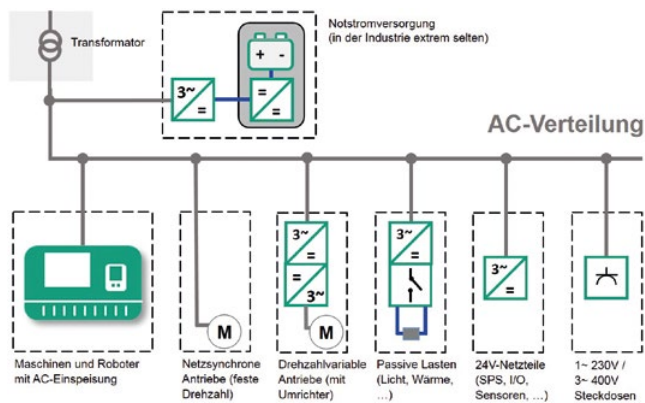


Die Energiewende hat viele Facetten. Eine ist die Stromversorgung von Fabriken. Hier liegt der Ursprung des Umbruchs in der Antriebstechnik, die heute bereits gleichstrombasiert ist, während das Netz Wechselstrom liefert. In diesem Buch erfahren Sie, welche Vorteile es hat, ein umfassendes Gleichstromfabriknetz aufzubauen, in das alle Stromerzeuger ihre Energie einspeisen und aus dem alle Verbraucher direkt versorgt werden. Alle damit verbundenen konzeptionellen, wirtschaftlichen, technischen und organisatorischen Fragestellungen werden darin behandelt.

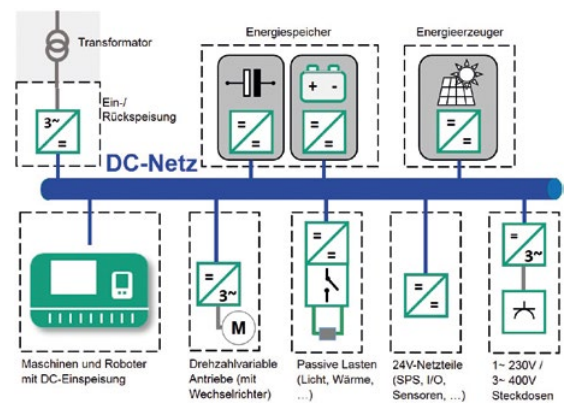
Das Buch zeigt darüber hinaus vier Anwendungen, die mit dem beschriebenen, herstellereffenen Gleichstromnetz realisiert wurden. Dabei werden jeweils unterschiedliche konzeptionelle Schwerpunkte erläutert, um die mögliche Bandbreite des Einsatzes zu demonstrieren.

Die Gleichstromfabrik
Energieeffizient. Robust. Zukunftsweisend.
 Alexander Sauer (Hrsg.), eISBN: 978-3-446-46612-8
 Print ISBN: 978-3-446-46581-7
 © 2020 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

Heutige AC-Versorgung

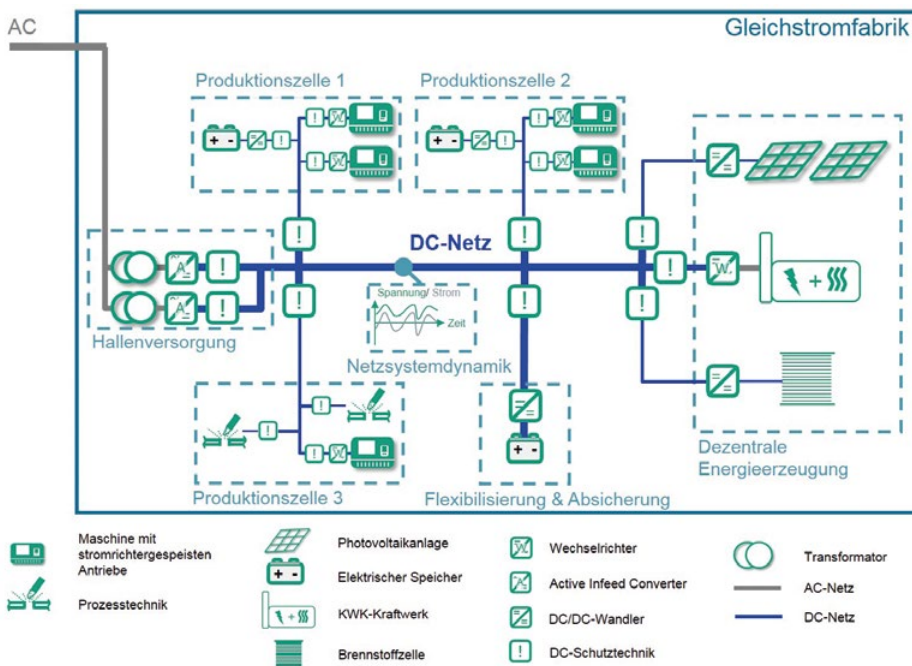


Zukünftige DC-Versorgung



AC- und DC-Versorgung im Vergleich.

Quelle: Die Gleichstromfabrik, Hrsg. Alexander Sauer, Carl Hanser Verlag, 2020



AC- und DC-Versorgung im Vergleich.

Quelle: Die Gleichstromfabrik, Hrsg. Alexander Sauer, Carl Hanser Verlag, 2020

Netz und Energieflexibilität mit dem gleichen Ansatz ohne Mehrinvestitionen oder zusätzliche IT-Infrastruktur realisieren.

In der Summe ergibt sich für einen geregelten Antrieb ein Effizienzvorteil von 2 bis 3,3 Prozent in einem DC-Netz gegenüber einem AC-Netz.

DC-Netz spart 10 Prozent Strom

Der Vergleich der Wirkungsgrade entlang der Wandlungskette deckt die Effizienzunterschiede in einem DC-Netz im Vergleich zu einem AC-Netz auf. Während im AC-Netz Verluste auf den Leitungen durch Oberschwingungen entstehen, können diese Verluste in einem DC-Netz bei gleichem Leitungsquerschnitt halbiert werden. Zusätzlich verringern sich die Verluste in den Netzfiltern sowie im Transformator.

Zu diesem systemischen Effizienzpotenzial, das sich in ausgedehnten Netzen durch die Übertragungsverluste auf den längeren Leitungen noch verstärkt, kann die direkte Nutzung der rekuperierten Bremsenergie hinzugerechnet werden. Dieses Effizienzpotenzial hängt vom Prozess und den eingesetzten Maschinen ab und kann bis zu 24 Prozent betragen. In Summe hat die DC-Versorgung in einer Fabrik das Potenzial, bis zu 10 Prozent der elektrischen Energie einzusparen.

Kontakt

Dr.-Ing. Timm Kuhlmann
 Telefon +49 711 970-1903
 timm.kuhlmann@ipa.fraunhofer.de

Isabella Bianchini
 Telefon +49 711 970-1959
 isabella.bianchini@ipa.fraunhofer.de

Stromangebot und -nachfrage synchronisieren

Im Kopernikus-Projekt SynErgie entwickelt das Fraunhofer IPA gemeinsam mit Partnern eine Energiesynchronisationsplattform, die die Industrie befähigt, die Schwankungen volatiler Energiequellen auszugleichen und die Produktion mit der Stromerzeugung zu synchronisieren. Zudem haben die Forschenden am Fraunhofer IPA erste stromsparende Anwendungen für die IT-Plattform realisiert.

Bereits Mitte dieses Jahrhunderts soll Deutschland weitestgehend klimaneutral sein. Doch die zunehmende Nutzung von Strom aus erneuerbaren Quellen führt aufgrund der Wetterabhängigkeit zu einem immer volatileren Stromangebot. Damit das Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage im Stromsystem jederzeit gewährleistet werden kann, sind Maßnahmen zum Ausgleich dieser Schwankungen notwendig. Energieintensive Industrieprozesse beinhalten ein hohes Flexibilitätspotenzial, um diesen Schwankungen durch Veränderungen der Stromnachfrage zu begegnen. Im Kopernikus-Projekt

Autonome Roboter als Zwischenspeicher in der Produktion.

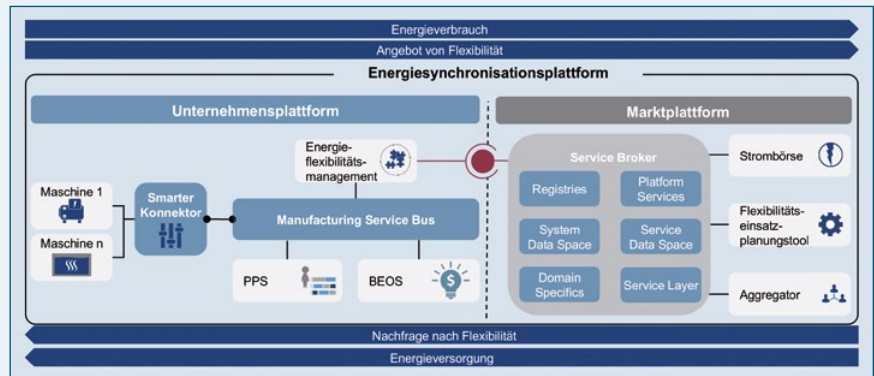


SynErgie arbeiten 18 Partner aus Industrie und Forschung an einer Energiesynchronisationsplattform, mit der sich der Energiebedarf der einzelnen Industrieunternehmen effektiv mit dem volatilen Energieangebot synchronisieren lässt. Mit dieser Plattform soll künftig Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt werden, der komplette Prozess des Energieflexibilitätshandels von der Maschine bis an die Märkte soll über die IT-Plattform und ihre Services automatisiert und standardisiert sowie in einer Referenzarchitektur abgebildet werden. Digitale Services, die auf der Plattform laufen, greifen auf die Daten von System oder Anlagen der Unternehmen zu und bestimmen den bedarfsgerechten Einsatz verschiedener Flexibilitätsmaßnahmen, die zur Verfügung stehen. Die Entwicklungen an der Referenzarchitektur wurden Ende 2022 abgeschlossen.

Das Fraunhofer IPA entwickelte im Projekt Produktions- und Querschnittstechnologien sowie den notwendigen IT-Backbone, um die Anlagen energieflexibel steuern und die Flexibilität am Energiemarkt nutzbringend einsetzen zu können. Entsprechend bearbeitete das IPA hauptsächlich zwei Aufgabenbereiche: die IT-Systeme mit den entsprechenden Services, Prognosealgorithmen und Aggregationsalgorithmen und die unterschiedlichen technologischen Lösungen, um die Produktion mit der Stromerzeugung zu synchronisieren oder den Energieverbrauch des Prozesses vom Stromverbrauch am Netzanschlusspunkt zu entkoppeln.

Zahlreiche Fragen müssen über die Energiesynchronisationsplattform beantwortet werden können: Wie ist das aktuelle Stromangebot auf dem Markt – gibt es Mängel oder Überschüsse? Wie werden sich die Strompreise entwickeln? Wie lange und wie schnell muss reagiert werden? Welches Unternehmen kann gerade einspringen, um diesen Mangel oder Überschuss auszugleichen? Für diesen Abgleich zwischen Flexibilitätsangebot und -nachfrage ist eine intelligente Steuerung notwendig. Die IT-Plattform soll die Unternehmen

Die **Energiesynchronisationsplattform** integriert in einer automatisierten und standardisierten Lösung die Unternehmens- und Marktseite und ist das übergeordnete Konzept aus Rahmenbedingungen, Schnittstellen, Datenmodellen, Stakeholdern und einer Sicherheitsarchitektur. Konkret als Software umgesetzt werden die Unternehmensplattform und Marktplattform. Auf Seiten der Unternehmensplattform erfolgt die Anbindung aller Maschinen und Software sowie Services im Unternehmen über die am Fraunhofer IPA entwickelte Middleware »Manufacturing Service Bus«. Dabei wird das Management sowie die Optimierung des Einsatzes der Energieflexibilität durch verschiedenste Services (wie BEOS) umgesetzt. Die Marktplattform wiederum integriert bestehende Energiemärkte wie Regelleistung, abschaltbare Lasten sowie EPEX und bietet mit dem Service Broker eine Vermittlung zwischen den Unternehmen und Service-dienstleistern an, die ihre Services anbieten. Als Hilfestellung für ihre Flexibilitätsdienstleistungen können Unternehmen außerdem auf vorhandene registrierte Services zugreifen, beispielsweise auf das Flexibilitätseinsatzplanungstool.



mit der Flexibilitätsnachfrage zusammenbringen. Als Basis dient die am IPA entwickelte Cloud-Plattform Virtual Fort Knox.

Markt- und Unternehmensplattform

Die Energiesynchronisationsplattform besteht aus zwei Teilplattformen, einer Markt- und einer Unternehmensplattform. Letztere kann die einzelnen Energieflexibilitäten eines Unternehmens erfassen, verwalten und aggregieren. Sie hat das Ziel, dem Unternehmen zu sagen, wie es seine Flexibilität am Markt nutzen kann, um günstig Energie einzukaufen oder zu verkaufen, wenn es sie bereits erworben hat. Die Marktplattform wiederum sorgt als Servicevermittler dafür, dass Unternehmen, die Flexibilität benötigen, mit dem Angebot zusammenkommen. Aggregatoren können sich beispielsweise auf der Marktplattform registrieren und ihr Interesse melden, Flexibilitäten einzukaufen oder zu verkaufen. Die Marktplattform vermittelt dann die Unternehmensflexibilitäten an die Flexibilitätsvermarkter. Und diese wiederum verkaufen die Flexibilität an der Energiebörse. Die Energiesynchronisationsplattform ist also keine Energiehandelsplattform, auf der energetische Flexibilitäten gehandelt werden. Vielmehr vermittelt sie zwischen den Händlern an den Energiebörsen und den Unternehmen, die Flexibilität bereitstellen können.

Flexibilität im Stromverbrauch: Wie Unternehmen Geld sparen und zur Energiewende beitragen können

Eine entscheidende Rolle bei der energetischen Flexibilisierung der Industrie spielen digitale Services, die den Energieverbrauch regeln und helfen, den Stromverbrauch zu optimieren. Der entwickelte Service beschäftigt sich damit, wie produzierende Unternehmen ihren Energieverbrauch flexibilisieren können. Das hat zwei Vorteile: Zum einen hilft es dabei, das Stromnetz zu stabilisieren. Zum anderen können die Unternehmen dadurch Stromkosten senken. Um diese Vorteile zu nutzen und so zur Energiewende beizutragen, müssen geeignete Maßnahmen umgesetzt werden.

Der digitale Service hilft dabei, sogenannte inhärente Energiespeicher zu identifizieren und ihre Energieflexibilität zu nutzen. Ein Beispiel für einen inhärenten Energiespeicher ist ein elektrisch betriebener Schmelzofen. Indem die Temperaturgrenzen des Schmelzofens ausgenutzt werden, kann die Leistung der elektrischen Heizelemente und somit der Energieverbrauch flexibilisiert werden (s. S. 26f.).

Mit dem Service wurde der Prozess automatisiert, den Lastgang auf Basis von Strompreisen zu regeln und den Energieverbrauch zu flexibilisieren. Dieser Prozess wurde praktisch erprobt und validiert.

Den Energieverbrauch des Prozesses vom Stromverbrauch am Netzan-schlusspunkt entkoppeln.

Kontakt

Christian Schneider
 Telefon +49 711 970-3640
 christian.schneider@ipa.fraunhofer.de

DC-INDUSTRIE2

DC-INDUSTRIE2 ist die Fortsetzung des Forschungsprojekts DC-INDUSTRIE, in dem ein herstellerunabhängiges, offenes DC-Netz für die Versorgung der Anlagen innerhalb einer Produktion erarbeitet wurde. Das Fraunhofer IPA hat in DC-INDUSTRIE2 gemeinsam mit 39 Unternehmen und Partnern aus der Forschung den Transformationsprozess von der heutigen AC-Versorgung hin zu einer effizienten, flexiblen und robusten DC-Versorgung entwickelt. Dabei steht der Planungsprozess, die Effizienzbewertung genauso im Fokus wie die Auslegung der Netzregelung und die Sicherstellung eines verlässlichen Betriebs, z. B. mittels Simulation. Ziel ist es, Unternehmen bei der Analyse, der Konzeption mit Ausbaustufen bis zur Netzauslegung, Inbetriebnahme und der Optimierung des Betriebs des DC-Netzes zu unterstützen.

- **Laufzeit:** 2019 bis 2023
- **Projektleitung und Gesamtkoordination:** Eaton Electric GmbH
- **Fördergeber:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
- **Fördersumme:** Bis zu 7,4 Mio. Euro
- **Weitere Informationen:** <https://dc-industrie.zvei.org/> oder <https://odca.zvei.org/>

Klimaschutz: transparent, prognostizier- und simulierbar, kontinuierlich und in Echtzeit

Je nach Branche und Geschäftsmodell betragen Emissionen aus vor- und nachgelagerter Wertschöpfungskette oft mehr als 70 Prozent der Gesamtemissionen. Echter Klimaschutz kann demzufolge nur ganzheitlich erfolgen. Im KMU-Innovativ-Projekt »Climate Solution for Industries« (CS4I) schafft das Fraunhofer IPA gemeinsam mit weiteren Partnern aus der Industrie Transparenz über die gesamte Wertschöpfungskette, indem Unternehmensdaten, IoT-Daten und weitere Einflussfaktoren auf der CS4I-Plattform gebündelt werden.

Die Bundesregierung erhöht die Klimaziele: Deutschland soll bis 2045 klimaneutral werden. Zusätzlich muss Deutschland seine Emissionen bis 2030 um 65 Prozent mindern (im Vergleich zu 1990). 15 Prozent der Emissionen stammen aus dem Industriesektor. Maßnahmen, die Klimaauswirkungen von Unternehmen beeinflussen, rücken dadurch in den Fokus. Je nach Branche und

Geschäftsmodell betragen Emissionen aus vor- und nachgelagerter Wertschöpfungskette oft mehr als 70 Prozent der Gesamtemissionen. Echter Klimaschutz kann demzufolge nur ganzheitlich erfolgen.

Footprint aus Messdaten

Effekte von Klimaschutzmaßnahmen und klimawirksames Handeln können aktuell lediglich historisch bewertet werden. Dabei gilt Efficiency First, die sauberste Kilowattstunde ist die, die gar nicht erst erzeugt wird. Eine reine Momentaufnahme, die auf einer historischen Bewertung beruht, ist nicht ausreichend, um die Klimaziele zu erreichen. Was Unternehmen brauchen, um maximale Klimaeffizienz zu erreichen, sind spezifische Echtzeitdaten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. CS4I schafft Transparenz über die gesamte Wertschöpfungskette, indem Unternehmensdaten, IoT-Daten und weitere Einflussfaktoren auf der CS4I-Plattform



gebündelt werden. Aus den Daten ermittelt CS4I einen produktscharfen »True Footprint«, der nicht auf Schätz-, sondern auf Messdaten basiert. So werden in einem Lösungsraum, der aus den Komponenten Klimaschutz, Unternehmensprozesse und Wirtschaftlichkeit besteht, die Auswirkungen von klimaschonenden Handlungsoptionen und Kompensationsmaßnahmen evaluiert.

Simulation durch Digitalen Zwilling des Unternehmens

Auf Basis der Datengrundlage kann die Klimaeffizienz in Echtzeit ausgewertet, prognostiziert, geplant und wirtschaftlich bewertet werden – und zwar noch vor der eigentlichen Produktion. Ermöglicht wird die Simulation durch den Digitalen Zwilling des Unternehmens, der im Rahmen des Forschungsprojekts zum Einsatz kommt. Kunden sind so in der Lage, verschiedene klimapositive Maßnahmen zu simulieren, die den True Footprint verändern können – immer unter der Betrachtung des ganzheitlichen Optimums.

Am Ende von CS4I steht der Prototyp der zukünftigen Plattformlösung. Die digitale IT-Plattform zeigt dann ganzheitlich, wie

klimawirksam einzelne Optionen unternehmerischen Handelns sind. Ein offenes Plattformkonzept verbindet dazu Marktpartner, Konsumenten, Investoren und schafft übergreifende Transparenz. Eine optimale Integration in bestehende SAP-Landschaften und zukünftige S/4HANA-Umgebungen wird erreicht, sodass die CS4I-Plattform in der SAP Business Technology Plattform (BTP) realisiert wird.

Außerdem werden die wirtschaftlichen Auswirkungen des Handelns dargestellt, simuliert und prognostiziert. Damit schaffen die Wissenschaftler Entscheidungsmodelle, die den Unternehmen neue Ansätze zur Dekarbonisierung und Folgenabschätzung aufzeigen. Am Ende des Forschungsprojekts steht so ein Minimum Viable Product, das nah am Anwender ist und Unternehmen den Weg in eine klimaneutrale Zukunft ebnet.

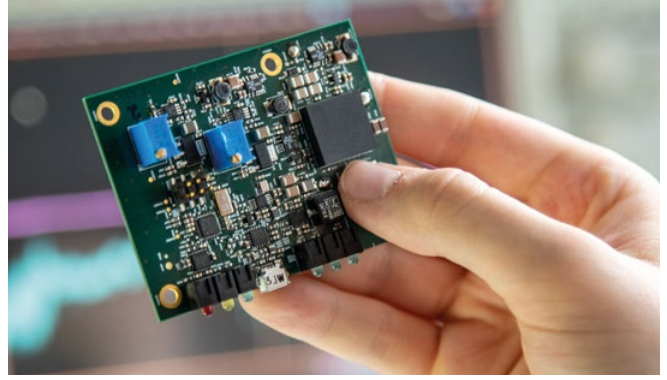
IT-Plattform zeigt das unternehmerische Handeln in Bezug auf Klimawirksamkeit.

Kontakt

Christian Schneider
 Telefon +49 711 970-3640
christian.schneider@ipa.fraunhofer.de

Geschäftsfelder





Automotive

Die automobilen Wertschöpfung am Produktionsstandort Deutschland befindet sich in einer Phase der Transformation. Diese beschleunigt sich zunehmend im Hinblick auf die Digitalisierung der Produkte und Prozesse, der Automatisierung und Vernetzung von Geschäftsprozessen auch über Unternehmensgrenzen hinaus bis hin zu neuen datengetriebenen Geschäftsmodellen, Dienstleistungen und Plattformen. Zum jetzigen Zeitpunkt ist nicht abzusehen, welches energetische Speicherkonzept und welche Antriebsvariante sich durchsetzen werden. Das macht eine hohe Flexibilität in den Produktions- und IT-Prozessen erforderlich, um bedarfsgerecht und schnell reagieren und die Produktionsmittel anpassen zu können. Die Transformation erfordert bereichsübergreifendes Fachwissen. Aus diesem Grund ist ein starker Forschungs- und Entwicklungspartner mit übergreifendem Know-how in allen technischen Gewerken der Produktionstechnik für die anstehende Transformation unabdingbar.

Die Schwerpunktthemen des Geschäftsfelds Automotive liegen auf einer durchgängigen Vernetzung der Produktion, smarten Datenservices unter Anwendung Künstlicher Intelligenz und der Entwicklung technologisch fortschrittlicher und nachhaltiger Produktionsprozesse. Unsere Branchenlösung Automotive umfasst die gesamte Wertschöpfungskette der Automobilproduktion von der Rohbau- und Oberflächentechnik bis hin zur Endmontage und Qualitätssicherung. Wir unterstützen produzierende Unternehmen dabei, Produktionslösungen ganzheitlich zu entwickeln und umzusetzen und begleiten sie von der ersten Idee bis zur Implementierung im Werk.

Dr.-Ing. Jürgen Henke
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-1881
juergen.henke@ipa.fraunhofer.de

Elektronik und Mikrosystemtechnik

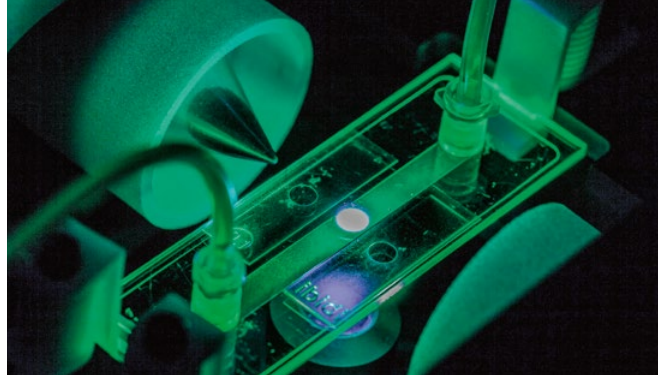
Vom Chip in Beatmungsgeräten bis hin zum Sensor in Bremsaggregaten – kaum ein Anwendungsfeld ist so vielfältig wie die Elektronik und Mikrosystemtechnik. Der Wunsch nach miniaturisierten Systemen und intelligenten Produkten verstärkt diese Entwicklung. Daraus ergeben sich neue Herausforderungen, aber auch Chancen für Unternehmen.

In der Halbleiterfertigung werden unter anderem Optiken zur Fertigung kleinster Strukturen eingesetzt. Diese Optiken werden mithilfe von tonnenschweren, hochpräzisen Robotern gefertigt. Die große Masse der Produktionsgeräte sorgt dafür, Schwingungen zu vermeiden und ermöglicht eine hohe Prozessstabilität. Die Komponenten der Fertigungsanlagen müssen auf ein Zehntel Haarsbreite genau positioniert werden.

Die Batterieproduktion erfordert extrem trockene Luft, stabile Temperatur und hohe Sauberkeit der Produktionsumgebung. Kleinste Abweichungen oder Verunreinigungen können zu Produktionsausfällen und Schäden an Produkten führen. Mit intelligenten Fertigungsmitteln können die Produktion überwacht sowie die Bearbeitungsprozesse und die Qualität kontrolliert werden.

Produzenten von elektronischen und mikrotechnischen Produkten stehen komplexen Fragestellungen gegenüber, die eine disziplinübergreifende Herangehensweise erfordern. Das Geschäftsfeld Elektronik und Mikrosystemtechnik vereint die IPA-Experten aus den Bereichen Materialien, Oberflächentechnik, Mikromontage, Prüftechnik, Automatisierung, Fertigungssteuerung, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz, Additive Produktion sowie Reinraum- und Reinigungstechnik. Diese erarbeiten Lösungen zu allen Problemstellungen entlang der Wertschöpfungskette. In knapp 90 Projekten konnte das Geschäftsfeld Elektronik und Mikrosystemtechnik im Jahr 2022 jedem einzelnen Unternehmen die richtige Lösung anbieten.

Udo Gommel
Stv. Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-1633
udo.gommel@ipa.fraunhofer.de



Energie

Technische Entwicklungen und auch die Politik haben in den vergangenen Jahren die Energieerzeugung, Energieträger, Energienutzung und damit auch die technologische Entwicklung der Mobilität nachhaltig geprägt. Seit der Einleitung der Energiewende findet in Deutschland ein Umdenken statt. Wasserstoff als Energieträger der Zukunft wird das größte Potenzial zugeschrieben und die Verwendung von Energie bei industriellen Prozessen wird zunehmend CO₂-reduzierter. Transparenz in den Energieverbräuchen und neue Technologien ermöglichen diese Entwicklung.

Speicher, Wasserstofftechnologien, intelligente Energiesysteme und multivalente, vernetzte Produktionsprozesse gehören zu den Forschungsaufgaben am Fraunhofer IPA. Dabei kombinieren intelligente Energiesysteme diese Aufgaben vor dem Hintergrund einer nachhaltigen, energieflexiblen und energieeffizienten industriellen Produktion. Neuentwicklungen bei der Produktion, insbesondere die komplette Assemblierung von zylindrischen Batteriezellen, aber auch bei Re-use und Recycling von Batterien, versprechen vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Intralogistik, in der Mobilität und bei Consumerprodukten. Projekte zur Herstellung, Verteilung, Speicherung und Verwendung von Wasserstoff bilden die Grundlagen für eine Vielzahl von technischen Entwicklungen für zukünftige Anwendungen.

Die Synergie von Produktion und Forschung verschafft Baden-Württemberg hier den erforderlichen technologischen Vorsprung für die wirtschaftliche Serienfertigung. Über den bewährten Schulterchluss von angewandter Forschung und Industrie besitzt das Land das erforderliche Potenzial, wettbewerbsfähig in die Serienproduktion von Batteriezellen, Komponenten für Brennstoffzellen und Elektrolyseuren einzusteigen. Dabei werden die Digitalisierung in der Produktion und insbesondere die Anwendung von Maschinellem Lernen den Schwerpunkt bilden.

Das Fraunhofer IPA bearbeitet diese Themen und deren Verknüpfung mit Produktion, Automatisierung sowie Industrie-4.0-Technologien, gebündelt im Geschäftsfeld Energie.

Joachim Montnacher
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-3712
joachim.montnacher@ipa.fraunhofer.de

Gesundheitsindustrie

Die Effizienzsteigerung ist eine der Kernkompetenzen des Fraunhofer IPA. Im Bereich der Gesundheitsindustrie reicht die Expertise von der technischen Risikoanalyse des Produktentstehungsprozesses über die Automatisierung komplexer Laborprozesse wie »Pharma 4.0« bis hin zur Herstellung personalisierter Medizin wie Zelltherapeutika. Das Dienstleistungsportfolio umfasst folgende Gebiete:

Medizintechnik: Interdisziplinäre Teams entwickeln neue technische Lösungen im Bereich der interventionellen Medizin, der modernen Rehabilitation, der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und der technischen Assistenzsysteme.

Assistenzsysteme mit ambienter Sensorik: Hierzu gehört die Entwicklung eines umfassenden und individuell anpassbaren Assistenzsystems, das automatisch über das Befinden des Einzelnen wacht, sei es im Alltag oder am Arbeitsplatz, und bei Bedarf die angemessenen Maßnahmen zur Hilfeleistung einleitet.

Biotech und Pharma: Automatisierungslösungen für höhere Reproduzierbarkeit, geringere Fremdeinflüsse, mehr Durchsatz bei gleichzeitigem Erhalt der Laborflexibilität sowie anspruchsvolle sterile und zertifizierte Umgebungsbedingungen.

Quality and Regulatory Affairs: Dazu zählen die gezielte Ableitung von Produktspezifikationen, die technische Risikoabsicherung in der Produkt- und Prozessentwicklung, die Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 14971 sowie die Sicherstellung der Material Compliance der Produkte und Prozesse nach RoHS und REACH.

Diagnostik und Intervention in der Klinik: Automatisierungstechniken überwinden in der Diagnostik und Intervention mit neuen Instrumentensystemen die Grenzen des manuell Machbaren – vor allem in Zeiten der Pandemie.

Tobias Brode
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-1257
tobias.brode@ipa.fraunhofer.de

Michael Peter Langner
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-1198
michael.peter.langner@ipa.fraunhofer.de



Maschinen- und Anlagenbau

Der Maschinen- und Anlagenbau ist Deutschlands größter Arbeitgeber mit mittelständischen Strukturen und führender Innovationskraft. Doch die Branche muss sich aktuellen Herausforderungen stellen wie hoher Marktdynamik, neuen Technologien oder Konkurrenz- und Kostendruck. Daraus leiten wir die strategischen Entwicklungsfelder ab, die den Weg zu einer »Smart Factory« ebnet:

Die Entwicklung neuer Produktionstechnik zielt auf neue Materialien, das Heben von Automatisierungspotenzialen sowie die Automatisierung in neuen Anwendungsfeldern ab. Die Produktion und ihre Mitarbeiter werden dabei zunehmend durch technische Assistenzsysteme unterstützt.

Künstliche Intelligenz und Industrie 4.0 tragen dazu bei, die Intelligenz in Produktionssystemen zu erhöhen und Produkte sowie deren Produktion zu optimieren. Dies erfordert neue IT-Architekturen und -Services wie auch neue Organisationsmethoden und -prozesse. Die Vision Industrie 4.0 wird durch die Vernetzung der physischen und digitalen Produktion sowie der durchgängigen (IT-)Integration der Wertschöpfungskette Realität.

Wir helfen Unternehmen, mit wandlungsfähigen Fabriken und modularen Produktionssystemen flexibel auf die Marktsituation reagieren zu können und ihre Produkte schnell auf den Markt zu bringen.

Seit über 60 Jahren arbeitet das Fraunhofer IPA mit Unternehmen aus der Branche partnerschaftlich zusammen. Das Geschäftsfeld Maschinen- und Anlagenbau ist der erste Ansprechpartner für Industrieunternehmen, die ihre Produktion, Technologien, Prozesse oder Produkte weiterentwickeln und optimieren möchten. Das rund 20-köpfige Kernteam rund um den Geschäftsfeldleiter bündelt Kompetenzen, stellt Projektteams zusammen und begleitet Kunden im Projektverlauf.

Volker Wegmann
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-1753
volker.wegmann@ipa.fraunhofer.de

Prozessindustrie

Dass Herstellungs- und Wertschöpfungsprozesse kontinuierlich und mit fließenden Materialien oder Medien ablaufen, charakterisiert die Prozessindustrie. Sie bildet das Gegenstück zur Stückgutindustrie. Oft folgen einzelne Produktionsschritte aufeinander, sodass die Produkte oder Zwischenprodukte aus Reaktoren oder in Rohrleitungen kontinuierlich von Station zu Station transportiert werden.

Das Geschäftsfeld Prozessindustrie am Fraunhofer IPA richtet sein Angebot an die Chemie-, Pharma-, Lebensmittel- und Stahlindustrie.

Unternehmen der chemischen Industrie setzen nicht nur auf die Produkt-, sondern verstärkt auch auf die Prozessentwicklung. Dabei spielt die Entwicklung individueller Lösungen bei Prozessinnovationen in den Bereichen Basischemikalien, Polymere sowie Fein- und Spezialchemikalien eine wichtige Rolle.

Die pharmazeutische Industrie wird immer wieder mit neuen Herausforderungen im Qualitäts- und Risikomanagement konfrontiert. »Mass Personalization« erfordert Produktinnovationen wie maßgeschneiderte Medikamente inklusive eines veränderten Produktions- und Logistikmanagements.

Metalle werden in Materialverbänden mit anderen Metallen, mit Keramik oder mit Polymeren eingesetzt. Sie müssen sowohl Funktionen wie Korrosionsschutz und höhere Standfestigkeit als auch Gewichtsreduktion erfüllen. Dabei hat die Optimierung der Produktionskosten bei gleichzeitiger Produkt- und Prozesssicherheit höchste Priorität.

Interdisziplinäre Teams aus zehn Fachabteilungen entwickeln Lösungen für spezifische Anforderungen über die gesamte Wertschöpfungskette – von der Planung über die Entwicklung und Validierung bis zur Qualitätssicherung.

Ivica Kolaric
Geschäftsfeldleiter
Telefon +49 711 970-3729
ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de

Abteilungen





Ressourceneffiziente Produktion

Biointelligente Produktion

Die Abteilung bündelt wesentliche Kompetenzen für den Transfer in eine nachhaltige Wirtschaftsweise. Ihr Ziel ist es, die technologische Konvergenz zwischen Lebens-, Ingenieur- und Informationswissenschaften voranzutreiben, um den Schritt von der Bioproduktion hin zur biointelligenten Produktion zu gehen. Dafür entwickelt die Abteilung innovative und nachhaltige Verfahren, Strukturen, Technologien, Modelle und Systeme, um biointelligente Systeme systematisch in die Industrie zu überführen.

Die Gruppe »Biointelligente Technologien« beschäftigt sich mit Basisarchitekturen biointelligenter Produktionssysteme, der regelungstechnischen Ausgestaltung von Biologie-Technik-Schnittstellen, der Entwicklung von Datenmodellen für biointelligente Systeme und der für die Biointelligenz notwendigen Sektorkopplung 2.0. Ihr Fokus liegt auf der Ausgestaltung biointelligenter Waste2X-Technologien, die eine wesentlich effizientere, dezentrale Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen für die urbane Produktion ermöglichen soll.

Die Gruppe »Nachhaltige Systemgestaltung« fokussiert die Anwendung, Weiterentwicklung und Integration der Lebenszyklusanalyse für biointelligente Produktionssysteme. In ihr Aufgabenspektrum fallen Rohstoff- und Materialkritikalitätsanalysen, die Entwicklung von Kreislaufstrategien für unterschiedliche Anwendungsfälle, die Modellierung und mathematische Optimierung zellulärer Geschäftsmodelle und Organisationsstrukturen sowie die Entwicklung von Transformationsstrategien für Unternehmen, Quartiere und Regionen. Ihre Arbeit dient auch der Überprüfung des Nachhaltigkeitsbeitrags der entwickelten Technologien.

Dr.-Ing. Robert Mieke
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1424
robert.mieke@ipa.fraunhofer.de



Ressourceneffiziente Produktion

Digitalisierte Batteriezellproduktion

Die Abteilung Digitalisierte Batteriezellproduktion hat sich die Entwicklung und Produktion moderner Energiespeicher- und Wandlungstechnologien im Bereich Batterie und Wasserstoff zum Ziel gesetzt. Damit ist sie ein exzellenter strategischer Partner und Dienstleister für Unternehmen.

Mit der vorhandenen Infrastruktur bietet die Abteilung der Industrie in naher Zukunft die einzigartige Möglichkeit, Prototypen von Batteriezellen im Format 21700 für Entwicklungszwecke zu produzieren. Der Fokus liegt hierbei auf den Prozessschritten des Wickelns, Assemblierens sowie des Zellfinishings, insbesondere bei der Elektrolytbefüllung und der Formierung.

Parallel zum Ausbau des Leistungsangebots der Prototypenfertigung für Batterierundzellen erfährt der Bereich Wasserstoff eine starke Wachstumsdynamik. Bereits heute befindet sich eine umfangreiche Infrastruktur zur Charakterisierung von Elektrolyseuren und Brennstoffzellensystemen sowie der dazugehörigen qualitätskritischen Fertigungsverfahren (z. B. Stacking-Prozess) im Aufbau.

Im Kontext Digitalisierung begleitet die Abteilung Unternehmen bei der Identifikation der Potenziale des Digitalen Zwillings. Der Bereich Circular Economy rundet das Forschungs- und Entwicklungsangebot der Abteilung ab.

Die Forschungsschwerpunkte und Dienstleistungsangebote zu modernen Energiespeicher- und Energiewandlungstechnologien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Entwicklung von Materialien und Gestaltung neuer Produkte
- Entwicklung und Optimierung flexibler Fertigungsprozesse und automatisierter Prozessketten
- Prototypenfertigung im Technikumsmaßstab
- Modellentwicklung im Kontext Digitaler Zwillinge
- Konzeption und Bewertung moderner Industrie-4.0-Architekturen
- Entwicklung und Bewertung von Recyclingstrategien

Prof. Dr.-Ing. Kai Peter Birke
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-3621
kai.peter.birke@ipa.fraunhofer.de



Ressourceneffiziente Produktion

Industrielle Energiesysteme

Mit einer Steigerung der Energieeffizienz und Energieflexibilität in der Produktion können Unternehmen ihren Energieverbrauch senken, die CO₂-Emissionen reduzieren und Kosten einsparen.

In produzierenden Unternehmen sind enorme Energieeinsparpotenziale in den Bereichen Wärme, Kälte, Druckluft, Beleuchtung, Klimatechnik oder allgemein im elektrischen Verbrauchersystem vorhanden, die sich durch die passenden Technologien und Energieeffizienzmaßnahmen erschließen lassen. Zum Einsatz kommen dabei innovative Technologien, wie z. B. Wärmepumpen, mit Wasserstoff-Gasgemisch betriebene BHKW, Gleichstromnetze oder KI-basierte Analyse und Optimierungsverfahren.

Alle Ansätze ermöglichen eine verbesserte und flexible Nutzung der Energie und dessen Infrastruktur. Die industrielle Produktion wird in Einklang mit dem schwankenden Energieangebot gebracht und an das urbane Umfeld energetisch optimal eingebunden.

Vor dem Hintergrund einer zunehmend fluktuierenden Energiebereitstellung und schwankender Energiepreise gewinnt auch ein flexibler Energieträgerwechsel sowie ein intelligentes Energiemanagement in der Produktion an Bedeutung. Die Transformation zu einer CO₂-freien Energieversorgung, in der Wasserstoff und die Elektrifizierung der Wärme- und Kälteversorgung eine wichtige Rolle spielen, muss gemeistert werden.

Unsere Experten für industrielle Energiesysteme bieten unseren Kunden ein abgestimmtes Beratungsangebot, das von der Identifikation von Effizienz- und Flexibilitätpotenzialen, auch im Rahmen einer operativen oder strategisch angelegten Energiesystemplanung, über die Analyse, Auslegung und Implementierungsbegleitung moderner Energiesystemtechnologien bis zur Umsetzung maßgeschneiderter Konzepte für betriebliche Energiemanagementsysteme reicht und somit die energetische Transformation im Unternehmen optimal begleitet.

Dr.-Ing. Timm Kuhlmann
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1903
timm.kuhlmann@ipa.fraunhofer.de



Ressourceneffiziente Produktion

Nachhaltige Produktion und Qualität

Nachhaltiges Wirtschaften in Unternehmen bedeutet für das Fraunhofer IPA, gleichrangig ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte zu berücksichtigen, diese sowohl regional als auch global zu betrachten sowie Verantwortung für heutige und zukünftige Generationen zu übernehmen.

Dazu gehören für uns neben der Rohstoff- und Materialkritikalität auch die höchsten Ansprüche an die Qualität der Produkte und Prozesse unserer Kunden, die wir durch die Weiterentwicklung der bekannten Qualitätsmanagementmethoden und durch neue Ansätze sicherstellen.

Einen entscheidenden Erfolgsfaktor für Nachhaltigkeit in Industrieunternehmen stellen die Zuverlässigkeit, Robustheit und Verfügbarkeit von Produktionsanlagen dar, die wir durch ein wertschöpfungsorientiertes Instandhaltungsmanagement absichern. Darüber hinaus legen wir besonderen Wert auf ressourcenschonende und schadstofffreie Produktionsprozesse, Produkte und Technologien und betrachten im Rahmen dessen den gesamten Produktlebenszyklus wie auch spezifisch einzelne Lebensphasen.

Es ist unser Ziel, bestehende und geplante Unternehmensprozesse so zu gestalten, dass sie unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bestmöglich die Anforderungen an Umwelt, Ressourceneffizienz, Qualität und Zuverlässigkeit erfüllen.

Dr.-Ing. Markus Kröll
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1280
markus.kroell@ipa.fraunhofer.de



Vernetzte Produktion

Digitale Werkzeuge in der Produktion

Der Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt der Abteilung liegt auf IT-Architekturen, Daten- und Anwendungsdiensten sowie Umsetzungsmethoden für die digitale Produktion. Wir unterstützen Unternehmen bei der Entwicklung und Integration von digitalen Werkzeugen in die Produktion.

Zu unseren Leistungen gehören neben der Beratung und Entwicklung von Lösungen rund um Computer- und Kommunikations-Infrastrukturen wie dem 5G-Transferzentrum und der sicheren Edge-Cloud-Plattform Virtual Fort Knox (VFK) auch Digitalisierungs- und Integrationslösungen wie der Manufacturing Service Bus (MSB) zur Anlagen- und Datenintegration. Von der Maschine auf dem Hallenboden über die Schnittstellen zu Produktionsdiensten bis hin zum Digitalen Zwilling der gesamten Produktion besitzen wir das Know-how, Werkzeuge und Technologien für eine vernetzte intelligente Produktion mittels cyberphysischer Produktionssysteme zu entwickeln.

Unsere datengetriebenen Technologien und funktionalen IT-Lösungen für produzierende Unternehmen sind unter anderem die Bausteine für Leuchtturmprojekte wie unser vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördertes offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres Betriebssystem für die Fabrik, FabOS.

Im Future Work Lab und den Industrie-4.0-Seminaren haben Unternehmen die Möglichkeit, gemeinsam mit unseren Expertinnen und Experten die neuesten Anwendungen rund um die digitale Produktion kennenzulernen und gemeinsam umzusetzen. In diesem Innovationslabor für Arbeit, Mensch und Technik wird die Produktion der Zukunft greifbar für und mit Unternehmen dargestellt. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen erhalten durch unser methodisches Know-how in der Umsetzung der digitalen Produktion Unterstützung, die Potenziale von Industrie 4.0 für sich zu erschließen.

Joachim Seidelmann
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1804
joachim.seidelmann@ipa.fraunhofer.de



Vernetzte Produktion

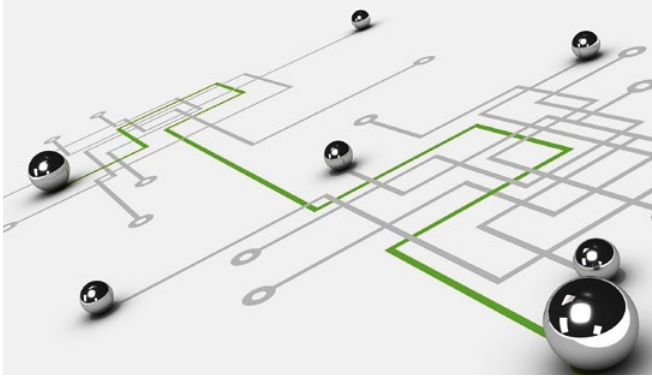
Fabrikplanung und Produktionsmanagement

Wettbewerbsfähige Unternehmen müssen ihre Fabriken und Produktionen im Grenzbereich der technischen, logistischen und organisatorischen Möglichkeiten betreiben. Dabei sind einerseits kontinuierliche Verbesserungen sowie andererseits grundlegende Anpassungen und Wandlungen die Voraussetzungen für den dauerhaften Erfolg einer Fabrik.

Mit unserem Leistungsangebot zu Fabrikplanung und Produktionsmanagement unterstützen wir Industrieunternehmen bei der Verfolgung ihrer wesentlichen Fabrikziele. Unsere Beratung reicht vom großen Ganzen bis ins Detail: So begleiten wir Unternehmen bei der strategischen Ausrichtung der Produktion und Festlegung von Standortrollen über die Planung schlanker und wandlungsfähiger Fabriken bis hin zur Auslegung des Produktionssystems. Gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln wir die optimale Auftragsabwicklung mit dem richtigen Maß an IT. Ferner richten wir Produktionen nach den Prinzipien des Wertstromdesigns aus, planen, optimieren oder digitalisieren Fertigungs- und Montagesysteme und steigern datenbasiert die Gesamtanlageneffektivität.

Unsere Projekte in Forschung und industrieller Anwendung orientieren sich an Industrie 4.0 und Digitalisierung, Wandlungsfähigkeit und Automatisierung. Damit garantieren wir, dass Fabriken nach den neusten Erkenntnissen und methodischen Prinzipien gestaltet werden, um den Wettbewerbsvorsprung unserer Kunden in der Produktion nachhaltig zu sichern.

Michael Lickefett
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1993
michael.lickefett@ipa.fraunhofer.de



Vernetzte Produktion

Unternehmensstrategie und -entwicklung

Kernaufgabe unserer Abteilung ist es, Organisationen vom Front- bis zum Back-End ganzheitlich zu betrachten und zu optimieren. Innovation jeglicher Art führt zu technologischen und organisatorischen Veränderungen. Für unsere Auftraggeber aus Wirtschaft und öffentlicher Hand machen wir Veränderungen sichtbar und sichern ihren nachhaltigen Erfolg.

Technologische Innovationen beeinflussen Geschäftsmodelle und Prozesse. Wir sind Entwicklungs- und Realisierungspartner der richtigen Strategie und leistungsfähigen Organisation. Unser Ziel ist es, dass Technologien zielgerichtet eingesetzt werden, damit »Technological Business Excellence« entsteht. Mit unseren Kompetenzen sind wir schnell und bedarfsorientiert in der Lage, Technologietrends und -entwicklungen strategisch und transformatorisch zu denken, weiterzuentwickeln und umzusetzen.

Neben der Ausarbeitung von Programmen zur Value Transformation mittels strategischer und technologischer Werttreiber stehen für uns die methodische Weiterentwicklung der Themen »digitale Geschäftsmodelle« (XaaS), »Business Ecosysteme« und »Smarte Organisation« im Fokus. Zentrales Thema ist hierbei die Gestaltung einer plattformbasierten Wertschöpfung mit digitalisierten End-to-end-Prozessen.

Wir verstehen uns als Bindeglied zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen am Fraunhofer IPA. Durch die Kombination von Technik und Organisation schaffen wir gemeinsam attraktive Wertangebote. Zum Beispiel durch Transformationsstrategien im Bereich Biointelligente Systeme (Biointelligenznavigator), Innovative Geschäftsmodelle durch Additive Manufacturing (AM-Mehrwertdienste) oder Smarte Prozesse im Gesundheitswesen (Lean Laboratory/Digitales Gesundheitswesen).

Zu unserem Selbstverständnis gehört, in Netzwerken und agilen Organisationsstrukturen zu arbeiten. Wir wenden neue Formen der Organisation selbst an, gestalten sie aktiv mit und verstärken abteilungs- sowie institutsübergreifende Kooperationen.

Oliver Schöllhammer
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1947
oliver.schoellhammer@ipa.fraunhofer.de



Intelligente Automatisierung und Reinheitstechnik

Bild- und Signalverarbeitung

Die Abteilung Bild- und Signalverarbeitung entwickelt und realisiert innovative System- und Applikationslösungen für die Informationsverarbeitung im Zusammenspiel mit technischen Prozessen. Im Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stehen intelligente Mess- und Prüfsysteme – etwa für die Null-Fehler-Produktion – sowie hoch effektive Automatisierungs- und Prozessoptimierungslösungen.

Die Kernkompetenzen der Abteilung konzentrieren sich auf die intelligente, automatisierte Interpretation von Bild- und Sensorinformationen zur Lösung komplexer Aufgabenstellungen. Das Anwendungsspektrum umfasst:

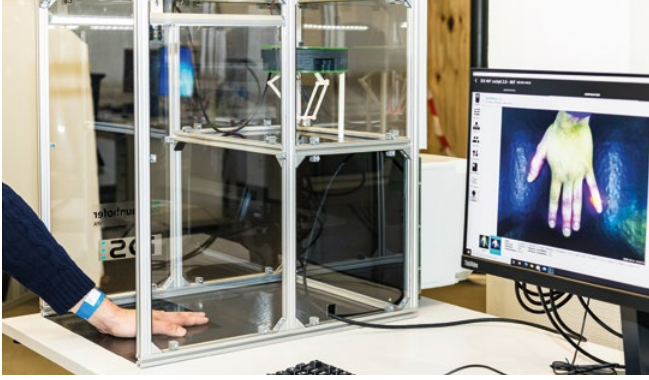
- 2D-Mess- und Prüfsysteme beispielsweise mittels industrieller Bildverarbeitung, Thermographie oder Ultraschall,
- effiziente 3D-Mess- und Prüftechnik mit industrieller Computertomographie und optischer 3D-Sensorik beispielsweise mittels Laserliniensensoren, 3D-Smartkameras oder Time-of-Flight-Kameras
- automatisierte 3D-Objekterkennung und Szenenanalyse für die Automatisierungstechnik (Griff-in-die-Kiste, Griff-vom-Band) und für die Montage
- Condition Monitoring zur Qualitätsprognose sowie Bewegungsanalysen zur Prozessverbesserung und Bildsimulationen

Methoden des Maschinellen Lernens spielen in allen Anwendungsbereichen zunehmend eine entscheidende Rolle und werden erfolgreich in Projekten ein- und umgesetzt.

Unsere Leistungen im Einzelnen:

- KI für die Qualitätssicherung und Automatisierung
- Qualitätssicherung mit 2D-Bildverarbeitung
- 3D-Bildverarbeitung und Objekterkennung
- Zerstörungsfreie Prüfung
- Messen und Prüfen mit Thermographie und Computertomographie
- Bildsimulation und virtuelle Messplanung
- Condition Monitoring und Qualitätsprognose
- Bewegungsanalyse zur Prozessoptimierung

Prof. Dr.-Ing. Marco Huber
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1960
marco.huber@ipa.fraunhofer.de



Intelligente Automatisierung und Reinheitstechnik

Cyber Cognitive Intelligence

Die Abteilung Cyber Cognitive Intelligence (CCI) unterstützt Unternehmen, insbesondere den Mittelstand, bei der Nutzung und Einführung von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Maschinellen Lernens (ML). Dabei deckt sie von der Identifikation und dem Roadmapping von KI-Anwendungsfällen im Unternehmen (AI Explorer) über die schnelle Machbarkeitsanalyse (Quick Check) bis hin zur Operationalisierung (AI Services) sowie Auditierung (AI Audit) von KI-Lösungen die komplette Bandbreite an Umsetzungsformaten ab.

Im Bereich der Forschung und Entwicklung liegt der Fokus der Abteilung CCI auf folgenden Themen:

- Zuverlässige, erklärbare, robuste und dateneffiziente KI-Verfahren
- Entwicklung von intelligenten, vorausschauenden Planungs- und Optimierungsalgorithmen zur Entscheidungsunterstützung und autonomen Entscheidungsfindung
- Einsatz von Quantencomputern in der Simulation, Optimierung und KI

Die Forschungsergebnisse finden Anwendung in zahlreichen Branchen, z. B. Maschinen- und Anlagenbau, Automotive, Financial Services, Materialforschung und Life Sciences. Zu den erfolgreichen Anwendungslösungen der Abteilung CCI zählen unter anderem intelligente Algorithmen für die Produktions- und Auftragsplanung, die Auditierung von Betrugserkennungsalgorithmen, Erklärbarkeitsverfahren für Zeitreihen- und Bilddaten oder selbstlernende KI-Regelungsalgorithmen.

Prof. Dr.-Ing. Marco Huber
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1960
marco.huber@ipa.fraunhofer.de



Intelligente Automatisierung und Reinheitstechnik

Reinst- und Mikroproduktion

Die Erforschung sauberer und reiner Arbeitsumgebungen beschäftigt uns seit über 30 Jahren. In dieser Zeit haben wir ein umfangreiches Leistungsportfolio aufgebaut. Dazu zählen die Planung und Realisierung kundenspezifischer Reinheitsumgebungen und Produktionsanlagen, Präzisionsreinigungen und Softwareentwicklungen sowie die Digitalisierung von Maschinendaten. Unser Know-how führt nicht nur zu internationalen Standards, sondern mündet auch in verbindliche Normen.

Auf insgesamt 720 m² steht uns eine einzigartige Infrastruktur mit dem reinsten Forschungsreinraum der Welt zur Verfügung. Dieser ist mindestens zehnmals sauberer, als es die Luftreinheitsklasse ISO 1 verlangt. Weitere Laboratorien und Trockenräume für die Batterie- und Brennstoffzellenfertigung wurden 2021 ergänzt und in diesem Jahr durch die Prozesstechnik zur Assemblierung von zylindrischen Lithium-Ionen-Batteriezellen erweitert.

Aufgrund der steigenden Anzahl an produktionstechnischen Fertigungslösungen mussten die Flächenkapazitäten der Abteilung erweitert werden, sodass gerade ein Technikum mit 800 m² entsteht. Dort gibt es die Möglichkeit, flächenintensive Systeme, maßgeschneidert auf die Kundenbelange zu entwickeln und zu erforschen. Beispiele dafür sind das DryClean-CAPE und das Life-Science-CAPE, die nur einen Auszug aus der stetig erweiterten Patentfamilie darstellen.

Nach einer Corona-bedingten Pause führten wir den Planetary Protection Workshop der ESA und NASA in unseren Reinräumen und Laboratorien mit großem Erfolg durch. In diesem Umfeld waren wir auch für die Konzeption und Planung von internationalen Infrastrukturen beauftragt worden, um Mars- und Mondproben kontaminationssicher auf der Erde zu empfangen und über Jahrzehnte hinaus sicher untersuchen zu können. Aufgrund des hohen Bedarfs an Zytotoxizitätsbewertungen von Medizintechnikprodukten haben wir uns für diesen Bereich akkreditieren lassen.

Dr.-Ing. Udo Gommel
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1633
udo.gommel@ipa.fraunhofer.de



Intelligente Automatisierung und Reinheitstechnik

Roboter- und Assistenzsysteme

Die Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme gestaltet Roboter- und Automatisierungslösungen für industrielle Anwendungen und für den Dienstleistungsbereich. Schlüsseltechnologien werden entwickelt und in innovative Industrieroboter, Serviceroboter und intelligente Maschinen umgesetzt.

50 Jahre Erfahrung in der Robotik und Automatisierung, multidisziplinäre Teams, ein einzigartiges Netzwerk und umfassendes Know-how charakterisieren unsere Forschung. Bestens ausgestattete Labors und Werkstätten gehören zu unserem Arbeitsumfeld.

Spektrum unserer Dienstleistungen:

- Systemkonzeption
- Machbarkeitsstudien
- Simulation von Roboteranlagen und Komponenten
- Materialflusssimulation
- Entwicklung von Prototypen
- Erstellung von Lasten- und Pflichtenheften
- Vermessung von Robotern und Anlagen
- Optimierung bestehender Systeme

Unsere Schwerpunkte liegen auf folgenden Gebieten:

- Handhabung und Intralogistik
- Schweißen
- (De-)Montage-Automatisierung
- Roboterprogrammierung und -regelung
- Servicerobotik für Industrie und Gewerbe
- Haushalts- und Assistenzrobotik
- Software Engineering und Systemintegration
- Sichere Roboteranwendungen und Cobots

Wir unterstützen Anwender von Robotersystemen bei der Entwicklung und Implementierung ihrer Automatisierungslösung. Systemintegratoren oder Komponentenherstellern stehen wir als Entwicklungspartner für neue Technologien zur Seite.

Dr.-Ing. Werner Kraus
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1049
werner.kraus@ipa.fraunhofer.de



Medizin- und Bioproduktionstechnik

Biomechatronische Systeme

Die Abteilung Biomechatronische Systeme entwickelt Technik für Menschen. Die Vermeidung körperlicher Schäden bei schwerer Arbeit und die volle Funktionswiederherstellung bei Krankheiten des Bewegungsapparats sind unsere Vision. Unsere interdisziplinäre Abteilung forscht international und in enger Kooperation mit der Industrie an Technik für Menschen.

Viele Menschen erleiden jährlich ernsthafte Schäden am Arbeitsplatz. Allein 3,4 Millionen Arbeitsunfälle in Europa verzeichnet die Statistik [Eurostat 2019]. Die Prädiktion von und Prävention gegen körperliche Beeinträchtigungen und die Gesunderhaltung am Arbeitsplatz werden immer relevanter. 50 Prozent aller chronischen Erkrankungen betreffen in unserer Gesellschaft den Bewegungsapparat und mit einer geschätzten Verdoppelung der über 50-Jährigen werden diese in Zukunft noch stark zunehmen.

Wir wollen mit unseren Kunden neue Lösungen für eine mobile Gesellschaft im demographischen Wandel schaffen.

Unsere Kompetenzen umfassen:

- Muskuloskelettale Ergonomie
- Bewegungserfassung und Sensordatenfusion
- Exoskelette und medizinische Antriebssysteme
- Biomimetik und Medizintechnik
- Angewandte Biomechanik
- Virtual Orthopedic Lab

Dr. med. Urs Schneider
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-3630
urs.schneider@ipa.fraunhofer.de



Medizin- und Bioproduktionstechnik

Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik

Information und Wissen sind die wichtigsten Rohstoffe in modernen Ökosystemen. In den Lebenswissenschaften findet bereits heute ein großer Anteil der Wertschöpfung in den Entwicklungslabors, beispielsweise zur Entwicklung neuer Wirkstoffe, diagnostischer Biomarker oder in der Züchtung von Hochleistungsorganismen, statt. Labors sind daher hochkomplexe Datenfabriken, in denen der Rohstoff Wissen erzeugt und in Form von Qualitätsdaten sichergestellt wird. Automatisierung und Digitalisierung tragen erheblich zur ganzheitlichen Effizienzsteigerung in modernen Labors und Bioproduktionen bei.

Dieser Herausforderung hat sich die Abteilung Laborautomatisierung und Bioproduktionstechnik des Fraunhofer IPA mit einem interdisziplinären Team gestellt. Zunehmend wird die Synergie aus Bioverfahren, Automation und digitaler Vernetzung auch in dezentralen Bioproduktionen dringend benötigt.

Das Fraunhofer IPA entwickelt seit 2021 skalierbare, flexible und dezentral einsetzbare Minifabriken, die die Produktion von CAR-T-Zelltherapien effizienter, kostengünstiger und qualitätsgesicherter machen. Die personalisierten Therapien sollen damit für das Gesundheitssystem bezahlbar und bislang unheilbare Erkrankungen behandelt werden können.

Mit dem mobilen Laborroboter KEVIN werden automatisierte Prozesse in Labors und Produktionen eingesetzt, in denen das bislang unwirtschaftlich war.

Die Beispiele der automatisierten KI-gestützten Sortierung von Organoiden oder die Screeningplattform für riechende Zellen zeigen eindrucksvoll, wie Technik, Biologie und Information zusammenwachsen. Das Fraunhofer IPA ist für die biointelligente Zukunft gut aufgestellt.

Andreas Traube
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1233
andreas.traube@ipa.fraunhofer.de



Oberflächen- und Materialtechnik

Beschichtungssystem- und Lackiertechnik

Organische Beschichtungssysteme bilden die Basis der wirtschaftlich bedeutendsten Oberflächentechnik. Der Grund dafür liegt in der Flexibilität und Vielseitigkeit dieser Technologie.

Von der Entwicklung neuer Lacke und Lackkomponenten über die Lackapplikation bis zum Entwickeln, Modellieren und Simulieren von produktionsgerechten Prozessen reichen die inhaltlichen Forschungs- und Entwicklungsthemen der Abteilung.

In der Beschichtungssystem- und Lackiertechnik werden auch innovative Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten von Biomaterialien erforscht, beispielsweise ein bioabbaubares Beschichtungssystem auf Chitin-Basis für temporäre industrielle Schutzschichten. Des Weiteren finden smarte und bionische Prinzipien Anwendung. So wurde in einem Fraunhofer-internen Projekt eine bestimmte Kombination aus Applikationstechnik und Lacksystem entwickelt, mit der beliebige Muster von hydrophilen und hydrophoben Strukturen (in Analogie zum Stenocara-Käfer) erzeugt werden können.

Auf der Projektseite werden neben geförderten angewandten Forschungsvorhaben Industrie-Entwicklungsaufträge, aber auch herausfordernde bilaterale oder konsortiale Industrie-Forschungsprojekte bearbeitet. In unseren Labors wenden wir akkreditierte Prüfverfahren nach DIN EN ISO 17025:2018 an. Darüber hinaus entwickeln wir neue Prüfverfahren und Qualitätssicherungskonzepte, die den speziellen Anforderungen unserer Kunden entsprechen.

Höhere Auftragswirkungsgrade, kürzere Durchlaufzeiten, Energie- und Materialeinsparung und neue Materialien sind Lösungen, die bei der Umsetzung und Integration in die betriebliche Praxis die Prozesseffizienz deutlich erhöhen.

Dr. rer. nat. Michael Hilt
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-3820
michael.hilt@ipa.fraunhofer.de



Oberflächen- und Materialtechnik

Funktionale Materialien

Oberflächen werden intelligent. Dank nanomodifizierter Werk- und Füllstoffe können textile, polymere und sogar elastisch-flexible Schichten und Oberflächen mit sensorischen und aktiven Funktionalitäten ausgestattet werden. Das Spektrum reicht von elektrisch leitfähigen Beschichtungen, elektrischen Widerstandsheizungen, gedruckter großflächiger Sensorik bis hin zu Technologien für eine echte Interaktion zwischen Mensch und Maschine mittels gedruckter Aktuatoren. Diese werden für zukünftige Soft-Robotic-Applikationen und sicherheitsrelevante Mensch-Roboter-Kooperationsszenarien (Sensorhaut für Roboter) benötigt. In diesem Bereich der elektroaktiven Polymere entwickelt die Abteilung neben Anwendungen wie Aktoren, sensorischen Oberflächen und Handhabungstechniken auch Fertigungsverfahren weiter.

Im Kontext der Bioökonomie fokussiert sich die Abteilung auf die konsequente Entwicklung und Umsetzung von Material- und Ressourceneffizienz. Um den wachsenden Anforderungen einer resilienten und defossilisierten Gesellschaft gerecht zu werden, werden synthetische Rohstoffe und Additive durch biobasierte Alternativen ersetzt.

Mit dem Ziel, Entwicklungszeiten zu verkürzen, Prozesse effizienter und sicherer zu gestalten und neue Geschäftsmodelle entwickeln zu können, werden alle Verfahren sukzessive digitalisiert und vernetzt. So können zum Beispiel bei der Pastenherstellung für die Elektrodenfertigung drei Anlagen erfolgreich in einen Prozess eingebunden und die Daten in Echtzeit aufgenommen und übertragen werden.

In modernen Produktionsanlagen und Robotikanwendungen werden zunehmend hochqualitative und multifunktionale Fügeverbindungen benötigt. In einem neu geschaffenen Themenfeld entwickelt die Abteilung füllstoffoptimierte Materialkombinationen und lösemittelfreie Beschichtungsverfahren für robuste, langzeitstabile, impermeable und gegebenenfalls elektrisch leitfähige Verbindungen.

Ivica Kolaric
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-3729
ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de



Oberflächen- und Materialtechnik

Galvanotechnik

Die Anwendung elektrochemischer (galvanischer) Verfahren fordert nicht nur immer präzisere werkstofftechnische und geometrische Eigenschaften, sondern auch prozesssichere und effiziente Anlagentechnologien. Dem tragen wir dadurch Rechnung, dass die gesamte Forschungs- und Entwicklungs-(FuE-)Kette von der Prozessentwicklung bis zu industriellen Anlagen durchgängig verfolgt wird.

Im Fokus unserer Arbeiten steht dabei immer die Galvanotechnik. Als einziger Dienstleister bieten wir unseren Kunden FuE-Leistungen entlang der gesamten industriellen Produktionskette an. Dies reicht von der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe über die dazugehörigen Elektrolyte und Prozesse bis hin zur Umsetzung in der industriellen Anlagentechnik.

In Verbindung mit unseren Dienstleistungen wie Schadensfallanalysen, Analyse der alternativen Stoffe zu Chrom-VI, Lieferantenbewertung oder Machbarkeitsstudien bieten wir unseren Kunden an, neue Technologien von der Idee bis zur Produktionseinführung zu begleiten.

In verschiedenen Projekten haben wir zum Beispiel folgende Lösungen entwickelt:

- Iridium-reduzierte Anodenkatalysatoren für die PEM-Wasserelektrolyse
- Sichere und ökonomische Entgasungswärmebehandlung für galvanisch beschichtete Bauteile
- Funktionale galvanische Beschichtung von CFK-Materialien für den Maschinen- und Anlagenbau

Dr.-Ing. Martin Metzner
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1041
martin.metzner@ipa.fraunhofer.de



Fertigungs- und Prozesstechnik

Additive Fertigung

Wissenschaftler des Fraunhofer IPA entwickeln, kombinieren und optimieren additive Herstellungsprozesse. Dabei konzentrieren sie sich auf Kunststoffe und neue, derzeit noch nicht verarbeitbare Materialien. Im Fokus stehen dabei stets die Erschließung neuer und die Verbesserung vorhandener Anwendungen mithilfe der Additiven Fertigung.

Prozessentwicklung additiver Verfahren

Die Verbesserung von Qualität, Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit sowie die Herstellung von Bauteilen aus neuen Materialien und mit bisher nicht erreichten Funktionalitäten sind der Antrieb zur Weiter- und Neuentwicklung von additiven Verfahren.

Automatisierung additiver Verfahren

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für die industrielle Implementierung von additiven Verfahren ist die Automatisierung der gesamten additiven Prozesskette. Das Fraunhofer IPA liefert Technologien für alle Teilschritte der additiven Prozesskette und unterstützt bei der Umsetzung in der Praxis.

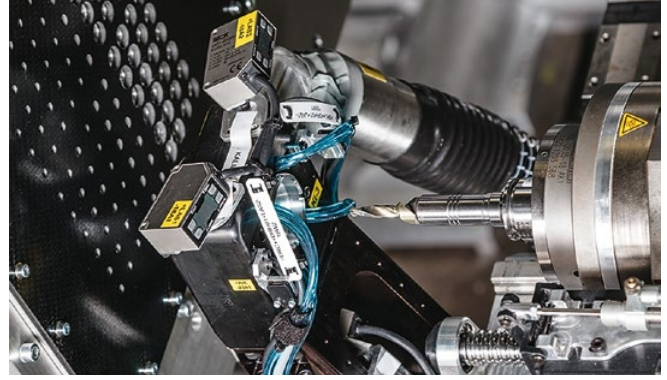
Hybride Prozessketten

Additive Verfahren bieten hohe Freiheitsgrade bei der Gestaltung komplexer Produkte. Dennoch sind den Verfahren Grenzen gesetzt – wie jedem anderen Fertigungsverfahren auch. Durch intelligente Kombination additiver und komplementärer Verfahren lassen sich Grenzen überwinden und neue Anwendungen schaffen.

Digitale Drucktechnologien

Inkjet-Druck und Elektrofotografie dienen zur Erzeugung komplexer Funktionsoberflächen für Anwendungen in der Elektronik, Bio-, Nano-, und Beschichtungstechnik sowie als Grundlage für zahlreich additive Fertigungsverfahren.

Oliver Refle
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1867
oliver.refle@ipa.fraunhofer.de



Fertigungs- und Prozesstechnik

Leichtbautechnologien

Leichtbau und die damit verbundenen Prinzipien sind für die Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit von Systemen entscheidend, beispielsweise zur Steigerung der Geschwindigkeit. Zugleich bedeutet Leichtbau Ressourcenschonung, da sowohl Energie als auch Rohstoffe eingespart werden können.

In diesem Spannungsfeld arbeitet und forscht die Abteilung Leichtbautechnologien. Wir entwickeln Lösungen für Kunden, die Leichtbauwerkstoffe in ihren Produkten einsetzen. Wir erarbeiten Konzepte zur prozesssicheren, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bearbeitung und Zerspanung von Werkstoffen wie carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK), Kunststoffen oder auch Titan sowie Multi-Material-Mixen. Und wir realisieren diese Lösungen gemeinsam mit unseren Kunden.

Um Leichtbauwerkstoffen ihre endgültige Form zu geben und so die gesetzten Ziele in Bezug auf Qualität, Kosten, Geschwindigkeit und Energieverbrauch zu erreichen, entwickeln wir Fräs-, Bohr- und Sägestrategien. Wir betrachten aber auch die Themenkomplexe Absaugung von Stäuben oder den Einsatz von Kühlschmierstoff, Spannmittel und Qualitätsermittlung für moderne Leichtbauwerkstoffe. Neben den spannenden Verfahren stehen auch Fügeverbindungen im Fokus, denn die Materialvielfalt bei Leichtbauapplikationen zwingt hier zu neuen Technologien.

Außerdem beforscht die Abteilung Möglichkeiten, wie Leichtbauwerkstoffe in konstruktive Lösungen des Maschinen-, Anlagen- und Gerätebaus eingesetzt werden können, z. B. bei Handgeräten, bei Pick-and-Place-Applikationen in der Automatisierung oder beim Themengebiet der Ergonomie.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Sägetechnik: Von der Maschine über die Sägewerkzeugeherstellung bis zur Prozessführung und Anpassung an die Werkstoffe, von CFK bis zu nanokristallinen Ringbandkernen werden alle Aspekte behandelt und alle Werkstoffe getrennt.

Andreas Gebhardt
Abteilungsleiter
Telefon +49 711 970-1538
andreas.gebhardt@ipa.fraunhofer.de

Industry on campus





ARENA2036

Der kooperative Forschungscampus ARENA2036 entwickelt wettbewerbsfähige Produktionsmodelle für das Automobil der Zukunft. Wissenschaftler und Vertreter aus Unternehmen und Forschung arbeiten hierfür gemeinsam an neuen Methoden der Produktentwicklung und Produktionstechnik im Kontext der Automobilproduktion. Getreu dem Motto »Industry on Campus« soll der lokale Verbund als Marktplatz für Ideen und Technologien dienen sowie einen Motor für die Nachwuchsförderung, Weiterbildung und Chancengleichheit darstellen.

Das Forschungsprogramm der ARENA2036 konzentriert sich in der zweiten Phase auf vier Hauptbereiche im Kontext der Automobilwirtschaft:

- Digitaler Fingerabdruck – Ganzheitliche Datenakquisition und übergreifende Datensemantik für die automatisierte Bauteilevolution
- Fluide Produktion – Cyberphysische Produktionssysteme für eine menschenzentrierte, rekonfigurierbare Produktion ohne Band und Takt
- FlexCAR – Neue modulare Produktarchitekturen, Fertigungsverfahren und Werkstoffsysteme für das Fahrzeug der Zukunft
- Agiler InnovationsHub – Agile Formen der Zusammenarbeit durch neue Innovations- und Visualisierungswerkzeuge

Das Fraunhofer IPA hat die Projektleitung für die fluide Produktion. In dieser werden die Grundlagen eines radikal neuen, ganzheitlichen Produktionskonzepts erarbeitet, das sich aus cyberphysischen Produktionsmodulen immer wieder neu rekonfiguriert. Ziel der Entwicklung ist eine Produktionsumgebung, die in ihrer Komplexität durch den Produktionsmitarbeiter beherrscht, schnell in Betrieb genommen und kontinuierlich verändert werden kann. Eine durchgängige datentechnische Integration aller Komponenten bietet Transparenz und dient als Grundlage neuer datengetriebener Geschäftsmodelle für die Automobilproduktion der Zukunft.

Future Work Lab

Digitalisierung und Industrie 4.0 verändern die Industriearbeit drastisch. Immer mehr innovative Lösungen werden technisch möglich. Doch wie sieht die Industriearbeit der Zukunft aus? Was passt zu Ihrem Unternehmen und wie implementieren Sie Anwendungen erfolgreich?

Die Fraunhofer-Institute IAO und IPA bieten mit dem Future Work Lab ein Innovationslabor, in dem Sie die Industriearbeit der Zukunft live erleben.

Mit Demonstratoren, Angeboten zur Kompetenzentwicklung und Weiterbildung sowie einer Plattform für den wissenschaftlichen Austausch richtet es sich an Industrie, Arbeitnehmerverbände, Politik und Wissenschaft. Unternehmen können die Leistungen des Future Work Lab über drei Wege nutzen:

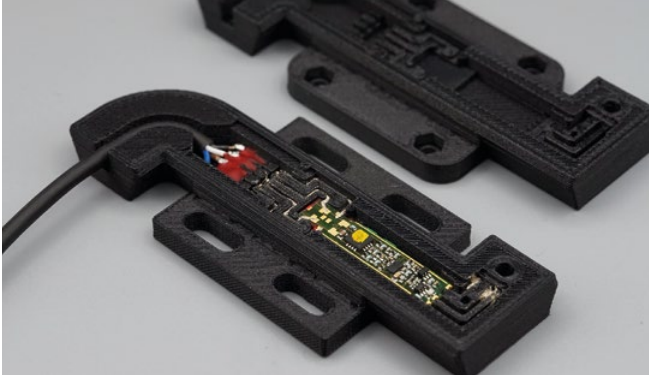
- Die Demonstrenwelt zur Arbeitswelt der Zukunft zeigt, welche Technologien und Anwendungen heute schon möglich sind und wie künftige Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik aussehen können.
- Die zukünftige Arbeitswelt erfordert ganz andere Kompetenzen als heute. Daher bietet die Lernwelt Workshops und Weiterbildungsmöglichkeiten für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von produzierenden Unternehmen.
- Für den wissenschaftlichen Dialog und die weitere Forschung rund um die Produktionsarbeit bietet die Ideenwelt eine zentrale Plattform.

Das Future Work Lab wird im Zeitraum 2019 bis 2022 mit den Fokusthemen Künstliche Intelligenz und vernetztes Produktionssystem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Weitere Informationen zu den kostenfreien Open Lab Days: www.futureworklab.de

Anwar Al Assadi
Leiter Fluide Produktion
Telefon +49 711 970-1264
anwar.alassadi@ipa.fraunhofer.de

Simon Schumacher
Projektleiter
Telefon +49 711 970-1747
simon.schumacher@ipa.fraunhofer.de



Lab elektronische Funktionsintegration in additiv gefertigte Bauteile

Additive Fertigungsverfahren – auch bekannt unter dem Begriff 3D-Druck – verbreiten sich zunehmend auch im Umfeld der industriellen Fertigung: Die Prozesse werden stabiler und die Anzahl der verfügbaren Materialien wächst stetig. Mechanisch belastbare Bauteile können somit in bislang ungekannter Komplexität gefertigt werden und sind bereits in kleinsten Losgrößen wirtschaftlich realisierbar. Aber wie kann in derartige Bauteile elektrische oder sensorische Funktionalität integriert werden? Mit dieser Frage beschäftigen sich die Firmen Arburg und Balluff sowie das Fraunhofer IPA im »Lab elektronische Funktionsintegration in additiv gefertigte Bauteile«. Als Basis dient die von der Firma Arburg entwickelte 3D-Druck-Technologie »Arburg Kunststoff-Freiformen« (AKF), die im Projekt so erweitert wird, dass mit digitalen Druck- und Dispenstechnologien die Integration von Leiterbahnen im Inneren eines additiv hergestellten Bauteils ermöglicht wird. Somit können in das Bauteil eingelegte Serien-Elektronik- und Sensorelemente des Automatisierungsspezialisten Balluff funktional verbunden werden. Schlussendlich werden bislang nicht mit additiven Verfahren realisierbare individualisierte, mechatronische Komponenten ab Losgröße 1 in industrieller Qualität umsetzbar.

Neben dem zentralen Anwendungsfeld der Automatisierungstechnik sind ebenso Anwendungen im Sondermaschinenbau, der Energietechnik oder in der Medizintechnik möglich.

Lab Flexible Blechfertigung

Die Firma TRUMPF und das Fraunhofer IPA starteten 2015 eine strategische Kooperation über einen Zeitraum von fünf Jahren. Diese Kooperation wurde um weitere fünf Jahre verlängert, weiterhin mit dem gemeinsamen Ziel, Erkenntnisse aus der aktuellen Forschung zu Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz in der Blechbearbeitung zu verankern.

Im Lab Flexible Blechfertigung arbeiten Mitarbeiter von TRUMPF und dem Fraunhofer IPA gemeinsam daran, mithilfe neuer Technologien aus der Forschung innovative Lösungen für die Fertigungstechnik der Zukunft zu entwickeln. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung von Assistenzsystemen für den Werker durch maschinelle Lernverfahren.

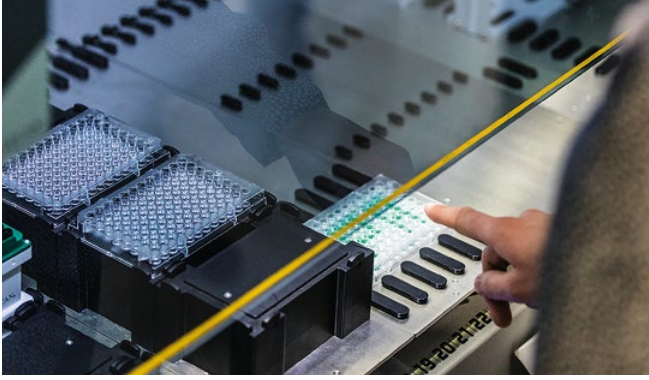
Im Lab Flexible Blechfertigung werden aktuell folgende Themenfelder betrachtet:

- Künstliche Intelligenz in der Produktion
- Werkerassistenzsysteme
- Selbststeuernde Produktion
- Intralogistik

Ein Beispiel für die erfolgreiche Zusammenarbeit der Werkerassistenzsysteme ist der Sorting Guide, den TRUMPF nun als Produkt anbietet. In der Kooperation wurde die Idee geboren, das Konzept entwickelt, ein Prototyp gebaut und die finale Produktentwicklung unterstützt.

Patrick Springer
Telefon +49 711 970-1996
patrick.springer@ipa.fraunhofer.de

Christian Jauch
Projektleiter
Telefon +49 711 970-1816
christian.jauch@ipa.fraunhofer.de



nCLAS Innovation Center für Labor-automatisierung Stuttgart

Moderne Labors sind hochkomplexe Datenfabriken. Sie haben Schlüsselfunktionen in Unternehmen. Neue effiziente Lösungen durch nachhaltige Automatisierung und digitale Assistenzsysteme tragen dazu bei, dass die wachsende Komplexität auch in Zukunft noch beherrschbar bleibt.

Mit nCLAS zeigen wir, wie eine bedarfsgerechte Automatisierung im Labor gestaltet sein sollte, damit Sie auch morgen noch flexibel auf die Anforderungen Ihrer Kunden reagieren können. Unser »nCLAS Innovation Center für Laborautomatisierung Stuttgart« schafft einen einmaligen Innovationsraum, in dem Hersteller, Anwender und Forscher sich austauschen und gemeinsam Lösungen entwickeln können. Ganz im Sinne kooperativer Forschung und Entwicklung am Puls der Zeit.

Auch 2022 waren wir mit nCLAS aktiv. Unser Projektformat La.Z.e. (Laborzukunft erleben) wurde erfolgreich ausgebaut und ermöglicht Interessenten, verschiedene Technologien in unseren nCLAS-Labors zu erleben und auszuprobieren. La.Z.e. steigert somit die Akzeptanz von Digitalisierungs- und Automatisierungslösungen, indem es die Menschen dort abholt, wo es darauf ankommt – im Labor, im direkten Kontakt mit diesen neuen Technologien.

Auf dem Weg zum Labor der Zukunft müssen wir noch ein nachhaltiges Fundament setzen. Für dieses Ziel treiben wir auch 2022 Innovationen voran und freuen uns auf den gemeinsamen Austausch mit Ihnen.

Michael Peter Langner
Projektleiter
Telefon +49 711 970-1198
michael.peter.langner@ipa.fraunhofer.de

Transferzentrum 5G4KMU

Mit dem Transferzentrum 5G4KMU haben kleine und mittlere Unternehmen (KMU) die Möglichkeit, ihre Produkte, Anwendungen und Geschäftsmodelle mit dem neuen Mobilfunkstandard 5G weiterzuentwickeln. Neben der notwendigen 5G-Infrastruktur steht den Unternehmen Expertenwissen zu 5G zur Verfügung.

Unter Koordination des Fraunhofer IPA haben sich sechs Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg zusammengeschlossen, um ein breites Themenfeld aus den Bereichen Produktion, Logistik, Labor und Klinik abzudecken. Ihre Testumgebungen verfügen dabei über ein 5G-Standalone Campusnetz:

- Stuttgart: Fraunhofer IPA
- Stuttgart: Fraunhofer IAO
- Mannheim: Fraunhofer IPA, Abteilung Klinische Gesundheitstechnologien
- Freudenstadt: Campus Schwarzwald – Centrum für Digitalisierung, Führung und Nachhaltigkeit Schwarzwald gGmbH
- Reutlingen: Reutlinger Zentrum Industrie 4.0 der Hochschule Reutlingen
- Karlsruhe: wbk Institut für Produktionstechnik des KIT

Neben Seminaren und Workshops zur Wissensvermittlung bietet das Transferzentrum geförderte Projekte in Form sogenannter Quick Checks und Exploring Projects an. In Quick Checks werden von Unternehmen eingereichte Projektideen auf ihre Machbarkeit untersucht und erste Projektarbeiten durchgeführt. Anschließend kann in einem Exploring Project eine Anwendung entworfen und prototypisch in einer der 5G-Testumgebungen implementiert werden. Darüber hinaus steht eine mobile 5G-Zelle zur Verfügung. So lassen sich entwickelte Lösungen auch unter Realbedingungen bei Unternehmen vor Ort testen.

Das Projekt wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg gefördert. Die Förderung endet am 30. Juni 2023.

Fabian Haag
Projektleiter
Telefon +49 711 970-1330
fabian.haag@ipa.fraunhofer.de



Zentrum für Dispergiertechnik

Die Stabilisierung von Nanopartikeln und die Dispergiertechnik spielen eine bedeutende Rolle im Entwicklungsprozess von funktionalen Materialien. Denn Nanopartikel neigen aufgrund der großen Oberfläche zur Bildung von Agglomeraten. Im agglomerierten Zustand sind sie ungeeignet für die Einarbeitung in andere Materialien, machen das Material inhomogen und verursachen Schwachstellen. Aus diesem Grund müssen Nanopartikel in einen agglomeratfreien, stabilen Zustand überführt werden. Im Zentrum für Dispergiertechnik beginnt deshalb die Entwicklung von Dispersionen schon bei der gezielten Funktionalisierung der Füllstoff- bzw. Pigmentoberflächen und nicht erst bei der Dispergierung und Stabilisierung von Partikeln in einer Formulierung eines Matrixpolymers.

Im Rahmen von Entwicklungsprojekten werden im Zentrum für Dispergiertechnik die Auswahl der richtigen Matrixmaterialien wie Bindemittel, Pigmente und Füllstoffe, deren Oberflächenfunktionalisierungen sowie erforderliche Additive, Stabilisatoren und Verarbeitungsprozesse erforscht. So entsteht die Expertise, für jede Anwendung die maßgeschneiderte Dispersion formulieren zu können. Das Fraunhofer IPA bildet im Zentrum die gesamte Prozesskette der Dispergiertechnik von der Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen bis zum Einsatz im industriellen Umfeld ab.

Mit der offiziellen Eröffnung des Zentrums beim Japanese-German-Opening-Symposium im Juli 2022 startete die strategische Zusammenarbeit mit mehreren Kooperationspartnern, darunter Sugino Machine Limited. Das japanische Maschinenbauunternehmen beschäftigt sich mit der Herstellung unterschiedlicher Dispergiereinrichtungen und der Technik der Dispersionsprozesse, verfügt über Fachwissen speziell im Bereich der Düsenstrahldispergiertechnologie und beteiligt sich an der Entwicklung fortschrittlicher Zwischenprodukte von Funktionsmaterialien. Sugino ergänzt als Kooperationspartner die Kompetenzen in der Oberflächentechnik, die bereits im Zentrum für Dispergiertechnik und im Zentrum für Partikeltechnik gebündelt werden.

Dominik Nemeč
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-3668
dominik.nemec@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Partikeltechnik

Im Zentrum für Partikeltechnik bündelt das Fraunhofer IPA jahrzehntelange Erfahrung aus der Oberflächentechnik, Kompetenzen aus der Reinst- und Mikroproduktion sowie der Additiven Produktion. Das Zentrum ist somit in der Lage, von der Grundlagenforschung bis zum konkreten Einsatz in der Industrie die gesamte Prozesskette der Partikeltechnik abzubilden. Die Forschung bezieht sich auf relevante Problemstellungen bei der Herstellung und Verarbeitung von Partikeln und die damit verbundenen Fragen bezüglich des Arbeitsschutzes, der Energie- und Ressourceneffizienz sowie des Umweltschutzes.

Im Mittelpunkt des Zentrums für Partikeltechnik steht der interdisziplinäre Austausch von Herstellern, Anwendern und Forschern. Gemeinsam werden bereits bestehende Techniken verbessert und neue Techniken unter produktionsähnlichen Bedingungen in vorhandenen und neu aufzubauenden Labor- und Technikumseinrichtungen entwickelt. Das Fraunhofer IPA steht den Beteiligten während des gesamten Prozesses als unterstützende Forschungseinrichtung zur Seite.

Markus Cudazzo
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1761
markus.cudazzo@ipa.fraunhofer.de

KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme und Kognitive Robotik«

Mit dem KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme und Kognitive Robotik«, gegründet von den Fraunhofer-Instituten IPA und IAO, trat die Fraunhofer-Gesellschaft im Oktober 2019 dem Cyber Valley bei und stärkt damit die größte Forschungskoope-
ration Europas auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI).

Das KI-Fortschrittszentrum ist eine zentrale Anlaufstelle für anwendungsorientierte KI-Forschung für Unternehmen in Baden-Württemberg. Es führt Forschungsprojekte durch, die für Produktion, Handel, Logistik, Life Sciences oder den Dienstleistungssektor relevant sind. Es versteht sich als Schnittstelle zwischen Industrie und Grundlagenforschung innerhalb des bestehenden Cyber-Valley-Konsortiums und ermöglicht so den Technologietransfer in die Industrie. Neben Forschungseinrichtungen umfasst das Cyber-Valley-Konsortium auch mehrere Industriepartner.

Zentraler Schwerpunkt ist die direkte Kooperation mit Industrieunternehmen. Machbarkeitsstudien und Projekte zur Entwicklung erster Prototypen von KI- und Robotikanwendungen werden teilweise über das Budget des Fortschrittszentrums finanziert. Um strategische Partnerschaften aufzubauen, haben Industrieunternehmen die Möglichkeit, sogenannte Enterprise Labs zu betreiben und zu finanzieren. In diesen Labs können ein oder mehrere Forscher des KI-Fortschrittszentrums ihre ganze Aufmerksamkeit den spezifischen Fragestellungen des jeweiligen Industrieunternehmens widmen.

Durch Forschungsarbeiten zu Kognitiver Robotik unterstützt das Zentrum Unternehmen dabei, die Potenziale der Service- und Industrierobotik auszuschöpfen. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung einer menschenzentrierten KI. Durch Themen wie Erklärbarkeit, Zertifizierung, Sicherheit oder Robustheit von KI-Technologien soll Vertrauen und Akzeptanz entstehen.

Prof. Dr.-Ing. Marco Huber
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1960
marco.huber@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Werner Kraus
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1049
werner.kraus@ipa.fraunhofer.de

Leistungszentrum Mass Personalization

Die Personalisierung von Produkten und Dienstleistungen rückt immer stärker in den Fokus. Das Leistungszentrum Mass Personalization, kurz LZMP, beschäftigt sich daher intensiv mit der Frage, wie Produkte in Losgröße 1 zu moderaten Kosten und dennoch auf den Einzelnen zugeschnitten hergestellt werden können. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Nutzerintegration von Anfang an. Damit umfasst Mass Personalization als Systemansatz wesentliche Ziele von Industrie 4.0. Zum Einsatz kommt Mass Personalization beispielsweise in Bereichen wie der Gesundheit oder der Medizin. So bieten Orthesen, Prothesen oder auch Medikamente ein erhebliches Potenzial zur Personalisierung. Der Vorteil von personalisierten Produkten liegt darin, dass diese generell passfähiger sind und geringere Folgekosten haben.

Das LZMP bündelt hierzu die branchenübergreifenden Kompetenzen und Expertisen von vier Fraunhofer- (IAO, IBP, IGB, IPA) und neun Universitätsinstituten (IABP, IAT, IBBS, IEW, IFF, IFSW, IGVP, IMSB, ISW) am Standort Stuttgart sowie zahlreichen Industrieunternehmen. Das Leistungszentrum Mass Personalization erforscht interdisziplinär und branchenübergreifend Methoden, Verfahren, Prozesse, Produktionssysteme und Geschäftsmodelle zur Herstellung personalisierter Produkte. Die direkte Anbindung an die Industrie gewährleistet hierbei eine bedarfsorientierte Grundlagen- und Anwendungsfor-
schung und den unmittelbaren Transfer aktueller Forschungsergebnisse in die Praxis.

Hierzu werden im Leistungszentrum Mass Personalization vier wesentliche Themenlinien fokussiert:

- Bauen und Lebensräume
- Gesundheit
- Mobilität und Lebensräume
- Produkte und Produktionssysteme

Die Fokussierung auf die vier Themenlinien soll produzierenden Unternehmen und deren Kunden aus dem Bereich Mass Personalization einen deutlichen Mehrwert in Bezug auf ihre Produkte und Dienstleistungen verschaffen und zu nachhaltigen Wettbewerbsvorteilen führen.

Dr.-Ing. Erwin Groß
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1931
erwin.gross@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Additive Produktion

Das Zentrum für Additive Produktion (ZAP) widmet sich der material- und anwendungsübergreifenden Weiterentwicklung additiver Verfahren für die Industrie – in der Öffentlichkeit besser bekannt als 3D-Druck. Hierzu werden gemeinsam mit der Industrie verschiedene Aspekte betrachtet. Dabei ist nicht nur der additive Aufbauprozess an sich, sondern die Gesamtprozesskette vom CAD-Datensatz bis zum fertigen Produkt Gegenstand der Entwicklungen.

Die Themen des ZAP im Einzelnen:

- Weiterentwicklung additiver Kernprozesse und Erweiterung der Materialvielfalt: Die Weiterentwicklung additiver Prozesse hin zu einer besseren Skalierbarkeit in Bezug auf Bauteilgröße, Prozessgeschwindigkeit und Materialvielfalt ist eine wesentliche Voraussetzung für einen breiteren Einsatz der Additiven Fertigung.
- Additive und hybride Prozessketten: Eine direkte Interaktion von additiven und konventionellen Prozessen zu neuen Gesamtprozessen birgt das Potenzial, bestehende technologische Grenzen zu überwinden.
- Integration additiver Verfahren in Fertigungsumgebungen: Der Aufbau marktverfügbarer additiver Fertigungsanlagen ist für manufakturähnliche Umgebungen ausgelegt. Der Übergang zur industriellen Massenfertigung bedarf neuer, auf den Anwendungsfall ausgerichteter Anlagenkonzepte.
- Entwicklung additiver Gesamtprozessketten auf industriellem Niveau: Die Integration additiver Fertigungsverfahren in industriellen, vollautomatisierten Umgebungen ist zentraler Forschungsgegenstand im Zentrum für Additive Produktion. Inbegriffen ist die Betrachtung aller Verfahrensschritte für die Herstellung eines kundentauglichen Endprodukts.

Zentrum für Biointelligente Produktion

Das gemeinsam von Fraunhofer IPA, IGB und dem IBVT der Universität Stuttgart geplante S-TEC Zentrum für Biointelligente Produktion (ZBP) wird mit seiner Forschung die biologische Transformation vorantreiben und mitgestalten. Materialien, Strukturen und Prozesse aus der Natur sollen in der Technik genutzt werden, um so eine nachhaltige Produktion und Lebensweise zu ermöglichen. Die hier entstehende Technologiebasis soll durch eine synergistische Verknüpfung zu Modulen und Systemen nachhaltige biointelligente Produkte und Produktionsverfahren ermöglichen und diese systematisch in die Industrie überführen.

Vier Zukunftsthemenfelder sind dafür vorgesehen:

- Die (Weiter-)Entwicklung automatisierter Ansätze und Verfahren zur genetischen Optimierung von Zellen und Mikroorganismen sowie der Analyse der zugehörigen Produktionsprozesse, um die Zelle als Produktionsorganismus oder als Produkt in der industriellen Biotechnologie und der Medizintechnik zu nutzen
- Der Aufbau und die Weiterentwicklung von Technologieplattformen für biointelligente Waste2X-Systeme: Im Fokus liegt hier die innovative Inwertsetzung biologischer Rest- und Abfallströme, z. B. durch Biowasserstoffproduktion mit anschließender Speicherung und Nutzung von CO₂-Strömen oder Enzym- oder MyCEL-basierter additiver Fertigungsverfahren.
- Die Entwicklung prädiktiver, maßgeschneiderter, systemischer Bewertungs- und Modellierungsansätze für die Gewährleistung einer nachhaltigen Ausgestaltung biointelligenter Produkte und Produktionssysteme in der industriellen Praxis
- Die Entwicklung von Transferstrategien und Dienstleistungen für lokale Unternehmen

Das ZBP kooperiert eng mit dem »Kompetenzzentrum Biointelligenz e.V.«. Dort haben sich u.a. die Fraunhofer-Gesellschaft, die Universität Hohenheim, das NMI, Festo und Zeiss zusammengeschlossen, um gemeinsam den Paradigmenwechsel der biologischen Transformation zu gestalten.

Oliver Refle
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1867
oliver.refle@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Robert Mieke
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1424
robert.mieke@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Cyberphysische Systeme

Das Zentrum für Cyberphysische Systeme (ZCPS) ist ein industrienaher Forschungs- und Entwicklungszentrum für cyberphysische Systeme in Baden-Württemberg. Cyberphysische Systeme (CPS) sind durch die tiefe Integration virtueller und physischer Komponenten in ein gemeinsames System gekennzeichnet. Sie gelten als zentrales Konzept für zukünftige eingebettete und mechatronische Systeme unter anderem in der Produktion sowie dem Energie- und Automobilbereich. Die Forschungsarbeit am ZCPS gilt der Umsetzung der CPS-Konzepte in Technologien, Tools und Produkte.

Forschungsschwerpunkte am ZCPS:

- Vernetzung und Entwicklung von Produktionssystemen, eingebetteten Systemen und Diensten
- Intelligente Sensorik und Aktorik für die Befähigung zukünftiger Produktionssysteme
- Überführung bestehender Produktionen in agile cyberphysische Produktionssysteme auf Basis hybrider Edge-basierter Architekturen
- Innovative Lösungen für Anlagenintegration und Steuerung
- Funktionale Sicherheit autonomer Produktionssysteme
- Daten- und Informationssicherheit in der digitalisierten Produktion
- Konzeption neuartiger Dienstleistungen und Produkte
- Durchgängiges Engineering für den gesamten CPS-Lebenszyklus und Bereitstellung der Toolchain

Joachim Seidelmann
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1804
joachim.seidelmann@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Digitalisierte Batteriezellproduktion

Das Zentrum für Digitalisierte Batteriezellproduktion (ZDB) fokussiert die durchgängige Digitalisierung der Wertschöpfungskette in der Batteriezellproduktion. Sein Forschungsangebot unterstützt die Qualifizierung und Skalierung formflexibler (Lithium-Ionen-) und zukünftiger (Post-Lithium-Ionen-) Batteriezellkonzepte und Fertigungsverfahren. Die Wissenschaftler zielen auf die Steigerung und Stabilisierung der Produktqualität durch Optimierung einzelner Produktionsprozesse, verketteter Produktionslinien sowie der übergeordneten Prozess- und Gebäudeinfrastruktur. Dies soll die Eintrittshürden in eine großskalige industrielle Fertigung von Batteriezellen für industrielle Anwender senken. Zusätzlich hat im ZDB die Wasserstoffforschung stark zugenommen.

Das ZDB hat folgende Forschungsschwerpunkte:

- Digitalisierung der Batteriezellproduktion
- Simulationsgestützte Planung und Auslegung von Fabriken
- Qualitätssteigerung und Fehlerdetektion durch Online-Prozessüberwachung
- Prozessentwicklung und -optimierung für die Elektrodenbeschichtung (nass und trocken)
- Prozessentwicklung und -optimierung für die Zellassemblierung (Kontaktierung und Elektrolytbefüllung)
- Energieeffizienzsteigerung bei Nass- und Trockenbeschichtungsprozessen, bei Formierungsprozessen sowie in der Produktions- und Gebäudeinfrastruktur
- Modularisierung von Produktionslinien und Standardisierung von logistischen und informationstechnischen Schnittstellen
- Materialforschung für Anoden- und Kathodenmaterialien, Separatoren und Elektrolyte
- Labor- und Feldtests zur Evaluierung von Batteriezellen und -modulen in kundenspezifischen Zielanwendungen
- Ressourcenmanagement, Demontage und Recycling von Batteriezellen
- Entwicklung Digitaler Zwillinge in der Elektrolyseur- und Brennstoffzellenproduktion
- Verknüpfung von Fertigungsprozessmodellen und den elektrochemischen Produkteigenschaften
- Konzeptionierung und Modellierung von Brennstoffzellenanwendungen

Prof. Dr.-Ing. Kai Peter Birke
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-3621
kai.peter.birke@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme

Das Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme (ZFP) wird vom Fraunhofer IAO und IPA gemeinschaftlich geleitet und von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik unterstützt. Diese interdisziplinäre Bündelung von Kompetenzen hilft Unternehmen bei der Entwicklung frugaler Produkte, Produktionssysteme, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Das gemeinsame Ziel ist dabei, dass Unternehmen in den Wachstumsmärkten und im europäischen Einstiegs- und Standardsegment erfolgreich sind und ihre Positionen gegenüber Mitbewerbern aus dem Niedrigpreis-Segment verteidigen und ausbauen können.

Die Schwerpunkte des ZFP sind:

- Frugale Innovationsstrategien: Das Zentrum unterstützt beim Aufbau frugaler Innovationsstrategien sowie Produkt- und Organisationsstrategien auf Basis von Foresight- und Best-Practice-Beispielen.
- Entwicklung frugaler Lösungen: Das Zentrum entwickelt Lösungen zur Eliminierung von ökonomisch unvorteilhaften Produktfunktionen, bezogen auf internationale Kontexte mit traditionellen und agilen Entwicklungsmethoden.
- Aufbau frugaler Kompetenzen: Um auf dem Markt bestehen zu können, wird der Einsatz eines frugalen Mindsets immer wichtiger. Dieses wird anhand von Seminaren, einer Exponente-Ausstellung und praktischer Trainingsmodule geschult.
- Digitalisierung: Das Zentrum hilft Unternehmen dabei, Maschinen und Anlagen anforderungsgerecht auszuliegen. Dies kann zum Beispiel durch die Gestaltung digitaler Prozesse zur kundenorientierten Produktentwicklung, cyberphysische Systeme zur Nutzereinbindung und benutzerfreundlicher Bedienkonzepte (Human Machine Interfaces) erfolgen.
- Applikationsszenarien frugaler Lösungen: Best-Practice-Beispiele frugaler Innovationen in einer Laborumgebung dienen als Basis für die weitere Entwicklung bei den beteiligten Unternehmen und als Inspiration für weitere Unternehmen.

Dr.-Ing. Uwe Schleinkofer
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1553
uwe.schleinkofer@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Klimaneutrale Produktion und Ganzheitliche Bilanzierung

Das Zentrum für Klimaneutrale Produktion und Ganzheitliche Bilanzierung, kurz ZKP, bietet ein umfangreiches Angebot für Unternehmen in Baden-Württemberg (insb. KMU), um die Transformation zur Klimaneutralität zu meistern und eine Spitzenreiterrolle für Umwelt- und Klimatechnologien einzunehmen.

Forschungsschwerpunkte am ZKP:

- Innovative Lösungen für die Treibhausgasreduktion in Industrieunternehmen
- Effiziente Ansätze für die Erstellung von Nachhaltigkeitsnachweisen auf Unternehmens- und Produktebene wie Corporate Carbon Footprints (CCF), Umweltproduktdeklarationen (EPD), Life Cycle Assessment (LCA) oder Product Carbon Footprints (PCF)
- Digitale Lösungen und Tools für prozessintegrierte Nachhaltigkeit
- Etablierung von zielgerichteten Prozessen zu Sicherstellung von Material Compliance und nachhaltiger Materialbewirtschaftung

Steffen Kiemel
Stv. Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1436
steffen.kiemel@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Leichtbautechnologien

Das Zentrum für Leichtbautechnologien (ZLB) unterstützt Unternehmen aus dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau bei der Entwicklung und Umsetzung praxisnaher Leichtbaulösungen.

Hierbei verfolgt das ZLB drei Schwerpunkte:

- Konstruktiver Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau
- Bearbeitungstechnologien im Leichtbau
- Füge-, Trenn- und Recyclingverfahren für Leichtbauwerkstoffe

Das ZLB entwickelt und erforscht sowohl mechanische Bearbeitungsverfahren (u. a. Bohren, Fräsen, Drehen, Sägen) für Leichtbauwerkstoffe, Multi-Materialsysteme und hybride Werkstoffe als auch die notwendigen begleitenden Prozesse wie Absaug-, Spann- und Montagetechniken. Ein weiterer Fokus liegt auf der Entwicklung konstruktiver Leichtbaulösungen für Maschinen, Anlagen und Geräte, die durch Gewichtsreduktion letztlich zu einer Senkung der Energiekosten im Betrieb, aber auch im Transport führen. Die Entwicklung erstreckt sich dabei von konstruktiven Konzeptstudien bis hin zur Begleitung der fertigungstechnischen Realisierung. Zudem widmet sich das ZLB der Füge-, Trenn- und Recyclingtechnik, indem Fügetechniken für innovative Werkstoffsysteme sowie Trenn- und Demontagetechniken für das Recycling entwickelt werden.

Mit unserer Hands-on-Mentalität schaffen wir zusammen mit den Unternehmen Lösungen, die schnell in innovative Produkte und Verfahren überführt werden können und so eine hohe Marktrelevanz besitzen.

Andreas Gebhardt
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1538
andreas.gebhardt@ipa.fraunhofer.de

Zentrum für Ultraeffizienz

Das vom Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg geförderte Zentrum für Ultraeffizienz (ZUE) beabsichtigt, ultraeffiziente Fabriken zu schaffen. Dabei sollen nicht nur negative Effekte einer Produktion minimiert werden. Vielmehr soll die Fabrik einen positiven Beitrag leisten, indem sie eine Symbiose mit dem urbanen Umfeld eingeht.

Mit der Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld will das ZUE die Produktion nachhaltiger und effizienter machen. Damit der Maschinen- und Anlagenbau Ansätze der »Green Economy« einhalten kann, untersucht das Fraunhofer IPA gemeinsam mit Partnern aktuell verwendete Technologien, bewertet diese und koppelt sie mit nachhaltigen Technologieinnovationen. Das Ziel hierbei ist, Ressourcen bestmöglich zu nutzen: für eine höhere Nachhaltigkeit bei gleichzeitig geringerer Umweltbelastung und als wichtigen Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität.

Das ZUE unterstützt Unternehmen dabei, ihre Wertschöpfungsprozesse effektiv und effizient zu gestalten, indem Material, Energie, Personal und Kapital optimal eingesetzt werden. Dadurch werden auch Abfall, Abluft und Abwasser weitestgehend eliminiert. Einige Teillösungen auf dem Weg zur Ultraeffizienzfabrik konnten bereits erfolgreich umgesetzt werden. Darunter ein Ultraeffizienz-Leitstand als digitale Lösung, der Use Cases zu Smart Maintenance, Plant Simulation, Intelligente Druckluft, Gleichspannungsfabrik und Additive Fertigung erfolgreich anbindet.

Das ZUE setzt schrittweise die Vision einer symbiotisch-verlustfreien Produktion um und gestaltet damit eine effektive und effiziente Wertschöpfungskette. Eine weitere Perspektive besteht aktuell in der Potenzialermittlung und Umsetzung für eine Übertragung auf ultraeffiziente Quartiere.

Dr.-Ing. Markus Kröll
Zentrumsleiter
Telefon +49 711 970-1280
markus.kroell@ipa.fraunhofer.de

Weitere Standorte





Arbeitsgruppe KI-noW – Künstliche Intelligenz für eine nachhaltig optimierte Wertschöpfung, Schweinfurt

Künstliche Intelligenz (KI) für eine nachhaltig optimierte Wertschöpfung, kurz »KI-noW« – unter dieser Überschrift überführt die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation in Schweinfurt Erkenntnisse und Ergebnisse der angewandten Forschung in die industrielle Praxis.

Ziel ist es, den Unternehmen aufzuzeigen, wie sie durchgängige Szenarien entwickeln können, welchen Nutzen der Einsatz Künstlicher Intelligenz u. a. für das produzierende Gewerbe hat und wie eine Integration entsprechender Anwendungen in den laufenden Betrieb erfolgen kann. Im Zuge der ganzheitlichen Einführung soll gezeigt werden, wie KI, aufbauend auf einer umfassenden, vernetzten Datenbasis, in der modernen Produktion eingesetzt und dem Menschen als mächtiges Werkzeug bereitgestellt werden kann.

Im Zuge der datengetriebenen Prozessoptimierung durch Weiterentwicklung und Implementierung von Industrie-4.0-Schlüsseltechnologien wird der gesamte Prozess von der Datenerfassung, -generierung und -verarbeitung über die KI-gestützte Datenanalyse bis hin zur Bereitstellung und Nutzung der gewinnbringenden Informationen betrachtet, in Demonstratoren vor Ort veranschaulicht und in Projekten umgesetzt.

Die enge Vernetzung mit anderen bayerischen Fraunhofer-Einrichtungen, die überregionale Einbindung in das KI-Netzwerk Bayern sowie die Kooperation auf lokaler Ebene mit der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt (THWS) schafft KI-noW optimale Voraussetzungen für eine Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen.

Christoph Hoffmann
Projektleiter KI-noW
Telefon +49 9721 533264-1
christoph.hoffmann@ipa.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Frank Döpfer
Leiter Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation
Telefon +49 921 78516-100
frank.doepfer@ipa.fraunhofer.de

EPIC – Centre of Excellence in Production Informatics and Control, Budapest

Innovationen beschleunigen, industrielle Lösungen umsetzen und hochqualifizierte Fachkräfte ausbilden sind drei der übergeordneten Ziele des Wissenszentrums für Produktionsinformatik und -steuerung (EPIC CoE). Damit unterstützt EPIC die Entwicklung eines nachhaltigen und wettbewerbsfähigen europäischen Produktionssystemes.

Eine der Hauptaufgaben des Fraunhofer IPA ist die Koordination von Kapazitäts- und Wissensaufbau/-austausch durch transnationale Workshops und Trainings, an denen Vertreter aller Konsortiumsmitglieder sowie interessierte Studierende teilnehmen.

Die wichtigsten strategischen Ziele von EPIC CoE sind:

- Initiierung, Fokussierung und Beschleunigung der Grundlagenforschung und anwendungsorientierten Entwicklung
- Wissenschaftliche Profilierung und Qualifizierung durch Soft-Skills der Mitarbeitenden und Institutionen, die an sieben ausgewählten Forschungsfeldern aus dem Bereich Industrie 4.0 und cyberphysische Systeme beteiligt sind
- Intensivierung des Technologietransfers und der industriellen Innovationen in Ungarn
- Stärkung der Beziehungen zwischen Industrie und regionaler Infrastruktur wie Universität und Politik
- Stärkung der Kommunikation und des Verständnisses zwischen Öffentlichkeit und Wissenschaft
- Ermöglichung der Teilnahme ungarischer kleiner und mittlerer Unternehmen an Forschungsprojekten

EPIC CoE besteht aus dem SZTAKI CoE, das Kompetenzen in der Grundlagenforschung vertieft, und dem EPIC Innolabs Ltd. Die eigenständige juristische Organisation wurde im Juni 2018 von Konsortialpartnern mit Beteiligung von Fraunhofer in Ungarn gegründet.

Andreas Kluth
Projektleiter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Telefon +49 711 970-1942
andreas.kluth@ipa.fraunhofer.de



Fraunhofer Austria Research GmbH, Center für Nachhaltige Produktion und Logistik

Das Center für Nachhaltige Produktion und Logistik der Fraunhofer Austria Research GmbH mit den Standorten Wien und Wattens/Tirol entstand 2008 aus der Projektgruppe Wien des Fraunhofer IPA unter der Leitung von Prof. Dr. Wilfried Sihm. Rund 100 Mitarbeitende entwickeln innovative Lösungen in Produktion und Logistik mit dem Schwerpunkt Nachhaltigkeit u. a. in enger Zusammenarbeit mit der TU Wien.

Während sich das Team in Tirol mit Fragen der Industrial Data Science und Industrial Data Analytics beschäftigt, liegt der Fokus in Wien auf Fabrikplanung und Produktionsmanagement (FPM), Logistik und Supply Chain Management (LSCM) sowie Arbeitsgestaltung und Digitalisierung (AGD). Die jeweiligen Forschungshemen spiegeln sich in den Namen der jeweiligen Geschäftsbereiche wider.

Im Geschäftsbereich AGD dreht sich die Forschung unter anderem um Automatisierung und Digitalisierung, Mensch-Maschine-Interaktion, die Akzeptanz von Technologie in der Belegschaft sowie die Kompetenzentwicklung und Qualifizierung. Der Bereich LSCM beschäftigt sich mit datengetriebenen Lösungen in den Bereichen Intralogistik, Materialwirtschaft, Lagerlogistik und Transportlogistik bis hin zur Netzwerkplanung unter Einbeziehung von innovativen Ansätzen wie Physical Internet, Crowd Logistics, IoT in Logistics sowie Decarbonization in Logistics. Der Bereich FPM widmet sich dem Leitsatz »Wertschöpfung nachhaltig gestalten« und arbeitet an innovativen Lösungen für effiziente, agile, resiliente und ressourcenschonende Produktionssysteme mit Fokus auf Strukturen, Prozessen, Technologien und Organisation.

Prof. Dr.-Ing. Wilfried Sihm
Geschäftsführer Fraunhofer Austria Research GmbH
Telefon +43 1 504 69 06
office@fraunhofer.at

Fraunhofer Innovation Platform for Smart Manufacturing, Shanghai

Das Fraunhofer Project Center for Smart Manufacturing in Shanghai/Lingang ist eine Kooperation zwischen dem Fraunhofer IPA und der Shanghai Jiao Tong University (SJTU). Im Project Center werden anwendungsbezogene Lösungen im Bereich Produktionsmanagement, Mensch-Roboter-Kollaboration und Industrie 4.0 erforscht und entwickelt.

Ziel der Zusammenarbeit ist es, gemeinsam mit Industriepartnern Forschungsprojekte zur digitalen Transformation und Smart Manufacturing im chinesischen Markt umzusetzen. Dies geschieht im Rahmen gemeinsamer Forschungsaktivitäten von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Deutschland und China.

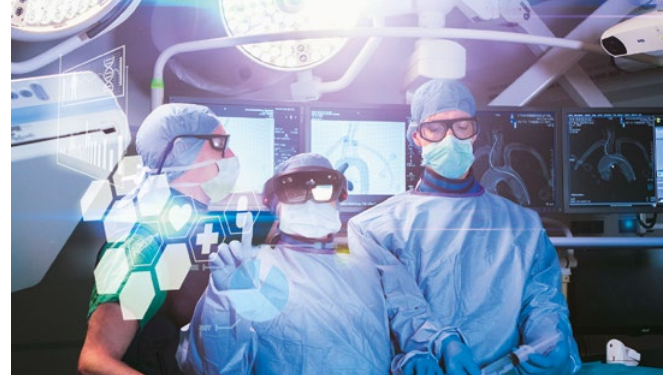
Den Schwerpunkt der Zusammenarbeit stellt die Etablierung einer Demonstratoren-Umgebung dar. Diese dient als Forschungs- und Anwendungszentrum zum Thema Industrie 4.0. Industrieunternehmen können sie als Testumgebung für eigene und gemeinsame Forschung und Entwicklungen nutzen.

Das Project Center befindet sich an dem neu gegründeten Standort Lingang, einer der führenden Wissenschafts- und Technologieregionen Chinas, an der Südküste von Shanghai.

Das Project Center unterstützt Unternehmen, die auf dem chinesischen Markt tätig sind und innovative Projektvorhaben zu folgenden Zukunftsthemen umsetzen möchten:

- Smart Factory
- Digitaler Schatten
- Cyberphysische Systeme
- Digitale Geschäftsmodelle

Joachim Seidelmann
Leiter Fraunhofer Innovation Platform
for Smart Manufacturing
Telefon +49 711 970-1804
joachim.seidelmann@ipa.fraunhofer.de



Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation, Bayreuth

Produktion.Besser.Machen.

Die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation offeriert in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik der Universität Bayreuth wegweisende Leistungen u. a. auf den Feldern additive Innovationen, Datenwertschöpfung, nachhaltige Produktion und Kreislaufwirtschaft:

Innovative Prozesse

Die Industrialisierung der Additiven Fertigung bildet das Leitthema unserer Aktivitäten. Wir leisten Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie Wissens- und Technologietransfer, damit Sie die Potenziale der Additiven Fertigung optimal nutzen können. Dies reicht von der Durchführung von Potenzialanalysen und Bauteiloptimierungen über spezifische Entwicklungen auf Prozess- und Materialebene bis hin zur nachhaltigen Implementierung der Prozesse in Produktion und Management.

Intelligente Wertschöpfungsketten

Mit innovativen Lösungen, methodischer Exzellenz und Werkzeugen der Digitalisierung unterstützen wir Unternehmen insbesondere im Kontext der Produktion. Mit Data Analytics, Prozess- und IoT-Kompetenz optimieren und digitalisieren wir die Produktion und tragen so zur digitalen Transformation der Wertschöpfung bei. Wir unterstützen Sie gerne von der Konzeption bis hin zur Umsetzung.

Effiziente Wertschöpfungssysteme

Die ganzheitliche und nachhaltige Gestaltung von effizienten Wertschöpfungssystemen ist von zentraler Bedeutung für produzierende Unternehmen sowohl in der Neuteile- als auch in der Austauschteileproduktion (auch Refabrikation bzw. Remanufacturing). Mit innovativen, methodenbasierten Ansätzen steigern wir die Nachhaltigkeit, Produktivität, Flexibilität und Liefertreue und zeigen dabei Wege auf, Durchlaufzeiten, Bestände und Kosten zu optimieren.

Prof. Dr.-Ing. Frank Döpfer
Leiter Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation
Telefon +49 921 785 16-100
frank.doepper@ipa.fraunhofer.de

Klinische Gesundheitstechnologien, Mannheim

Die Abteilung Klinische Gesundheitstechnologien entwickelt und erprobt seit 2011 in enger Kooperation mit der Universitätsmedizin Mannheim Lösungen für die Klinik der Zukunft. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der systematischen Digitalisierung von Prozessen und der Vernetzung in der Klinik (Connected Healthcare). Ein weiterer Fokus liegt auf den intelligenten Assistenzsystemen und der zugehörigen Messtechnik.

Das Ziel ist dabei eine effiziente Unterstützung von medizinischem Personal bei organisatorischen und fachlichen Tätigkeiten. Hierfür betreibt die Abteilung mehrere Reallabore, unter anderem einen experimentellen Hybrid-OP mit 5G-Netzwerk-ausstattung und ein Entwicklungszentrum für digitale Patientenaufnahmesysteme, und kooperiert mit der Klinik im Bereich der stationären Betreuung.

Die direkte Nähe zur klinischen Anwendung bietet weiterhin die Möglichkeit, Verfahren zur schnellen Vorbereitung und Analyse von Gewebeprobe zu entwickeln. Hierfür betreibt die Abteilung zwei Biolabore mit einem Schwerpunkt im Bereich der Einzelzellerzeugung und Analyse mit neuartigen automatisierten Analyseverfahren.

Das stark interdisziplinäre Team bietet sowohl die systematische Erprobung und Vernetzung von Technologien in realen Anwendungssituationen als auch eigene Technologien im Bereich der Messtechnik, Probenvorbereitung, Analyse und Automatisierung an.

Dr.-Ing. Jens Langejürgen
Abteilungsleiter Klinische Gesundheitstechnologien
Telefon +49 621 17 207-187
jens.langejuergen@ipa.fraunhofer.de



Reutlinger Zentrum Industrie 4.0, Reutlingen

Das Reutlinger Zentrum Industrie 4.0 (RZI 4.0) ist ein Forschungs- und Transferzentrum für den Mittelstand in Baden-Württemberg. Es entwickelt Industrie-4.0-Konzepte und setzt Digitalisierung zusammen mit KMU um. Die Kooperation mit der ESB Business School der Hochschule Reutlingen wird seit 2016 innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft als Außenstelle des Fraunhofer IPA geführt und finanziell vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg getragen.

Aufgaben des RZI 4.0 liegen vor allem in folgenden Themenbereichen:

- Digitale Transformation und Geschäftsmodelle für Industrie 4.0
- Smarte vernetzte Produktion und Logistik
- Industrie-4.0-Technologien
- Wertschöpfungsnetzwerke

Das RZI 4.0 greift auf die Forschungsinfrastruktur und das Know-how seiner Partner zurück. Dabei dient die Forschungs- und Entwicklungsumgebung »Werk150« der Hochschule Reutlingen als exemplarisches Produktionsunternehmen mit digitalem Abbild. Mit einer virtuellen dreidimensionalen Entwicklungsumgebung, additiven Fertigungsverfahren, modularen Montagesystemen, innovativer Fördertechnik, kollaborativen Robotern und visuellen Assistenzsystemen sowie modernsten Informations- und Kommunikationstechnologien können wissenschaftliche wie auch industrielle Aufgabenstellungen erforscht, gelöst und getestet werden. So ist es möglich, Industrie-4.0-Konzepte in Form von Demonstratoren aufzubauen, zu erproben und anschließend in Unternehmen zur Anwendung zu bringen. Das Werk150 ist Digital Innovation Hub der Europäischen Union, Testumgebung für 5G-Campusnetze der Landes Baden-Württemberg und Fieldlab im deutsch-niederländischen Netzwerk Artificial Intelligence for Digital Twins (ai4dt).

Prof. Dr. techn. Daniel Palm
Leiter Reutlinger Zentrum Industrie 4.0
Telefon +49 7121 271-3105
daniel.palm@ipa.fraunhofer.de





Lehre, Aus- und Weiterbildung





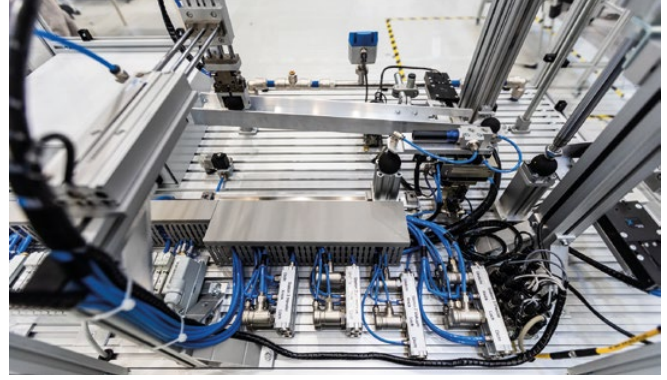
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart

Die Forschungsschwerpunkte des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) umfassen im Bereich Fabrikbetrieb die Fabrikplanung und Produktionsoptimierung, das Auftragsmanagement und die Wertschöpfungsnetze, nachhaltige Produktion und Qualität, die Produktionsinformatik, Industrie 4.0 und die Smart Factory sowie die personalisierte Produktion. Weitere Schwerpunkte liegen in der Montage- und Exoskelettforschung. Die Industrielle Fertigung wird am IFF mit dem Fokus auf Beschichtungssystem- und Lackiertechnik adressiert. Der Bereich Kognitive Produktionssysteme nutzt Methoden des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz, um zukünftige Produktionssysteme zu befähigen, sich eigenständig an neue Anforderungen anzupassen.

Das Lehrangebot am IFF ist sehr vielseitig. Studierenden der Studiengänge Autonome Systeme, Maschinenbau, Maschinenbau WPT, Technologiemanagement, Fahrzeug- und Motorentchnik, Mechatronik und technisch orientierte Betriebswirtschaftslehre bietet das Institut Vorlesungen, Seminare, Hauptfachpraktika und Exkursionen an.

Das IFF kooperiert eng mit dem Fraunhofer IPA. Interdisziplinär zusammengesetzte Forschungsgruppen mit langjähriger Erfahrung auf den genannten Arbeitsgebieten sind Garanten für eine erfolgreiche Projektabwicklung in der Auftragsforschung für öffentliche und industrielle Auftraggeber. Modern eingerichtete Fertigungsmess- und Versuchslabors, Versuchsfelder für Industrieroboter, CAD-Labor, Oberflächentechnikum und das Auftragsmanagementlabor werden gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA betrieben.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Institutsleiter des IFF
Telefon + 49 711 970-1100
thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de



Institut für Energieeffizienz in der Produktion der Universität Stuttgart

Die Gründung des Instituts für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) geht auf eine Initiative der Stifter Heinz Dürr und Karl Schlecht zurück. Das EEP forscht zu Themen, die auf eine Verringerung des Energieverbrauchs in der produzierenden Industrie zielen – etwa durch die Anwendung energieeffizienter Technologien und eine intelligente Steuerung des Energieeinsatzes.

Schwerpunkte der Tätigkeiten des EEP sind die Optimierung der industriellen Wärme- und Kälteversorgung, die Entwicklung von industriellen Mikronetzen und die Integration von Energiespeichern sowie die Flexibilisierung des Energieverbrauchs der Produktion und die Energiedatenanalyse.

Das Institut hat neben einschlägiger Forschung und Lehre die Aufgabe, Gesellschaft, Politik und Unternehmen über Energieeffizienz in der Produktion aufzuklären und zu beraten. Hierfür erarbeitet das EEP in verschiedenen Gremien und Initiativen Entscheidungsgrundlagen. So erhebt das EEP beispielsweise unterjährig mittels des Energieeffizienz-Index der deutschen Industrie Rahmendaten zur industriellen Energieeffizienz sowie weitere wichtige aktuelle Sachverhalte, wirkt in Gremien der EU-Kommission auf die Beachtung der Thematik hin und agiert zum Beispiel federführend bei der UN ECE Task Force on Industrial Energy Efficiency.

Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer
Institutsleiter des EEP
Telefon +49 711 970-3600
alexander.sauer@eep.uni-stuttgart.de

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e. V.
Hansastraße 27c | 80686 München

Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer
Dr. rer. nat. Michael Hilt (Stellv. Institutsleiter)

Leitung Marketing und Kommunikation

Fred Nemitz

Redaktion

Tobias Herbst, Fred Nemitz, Dr. Karin Röhricht,
Dr. Birgit Spaeth, Axel Storz, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion)

Bestellservice

Telefon +49 711 970-1607
marketing@ipa.fraunhofer.de

Layout

Michael Fuchs, Christine Sikora

Druck

Fraunhofer-Druckerei
Stuttgart

Titelbild:

(V.l.n.r.): Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer, Leiter des Fraunhofer IPA, und Dr.-Ing. Carlo Bark, Geschäftsführer der Bark Magnesium GmbH, während der feierlichen Inbetriebnahme des weltweit ersten bivalenten Tiegelofens bei Bark Magnesium in Schömburg, Zollernalbkreis.

Bildnachweise

Alle Abbildungen, die im Folgenden nicht aufgeführt sind:
Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Rainer Bez

Seite 1/Titel: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Ludmilla Parsyak

Seite 4/5: Quelle: Adobe Stock/artefacti

Seite 9 unten: Quelle: Fraunhofer IPA/

Foto: alexa kirsch fotografie

Seite 14, oben: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Ludmilla Parsyak

Seite 15, oben: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: BMBF/

Hans-Joachim Rickel

Seite 17, oben: Foto: Dietmar Nill

Seite 17, Mitte: Quelle: JOT

Seite 17, unten: Quelle: ESB Business School

Seite 20/21: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Ludmilla Parsyak

Seite 23: Quelle: Adobe Stock/urbans78

Seite 26/27: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Ludmilla Parsyak

Seite 33: Quelle: Intense AG

Seite 35, links: Quelle: Adobe Stock/Gunnar Assmy

Seite 37, rechts: Quelle: Shutterstock/Christian Langereck

Seite 39, links: Quelle: istockphoto/Antiv3D

Seite 39, ganz rechts: Quelle: Adobe Stock/Alexander Limbach

Seite 40, links: Quelle: unger-kreative strategien GmbH /
fotolia.com, überführt in Adobe Stock

Seite 40, rechts: Quelle: Adobe Stock/acinquantadue

Seite 42, links: Quelle: Adobe Stock/Oliver Le Moal

Seite 52, rechts: Quelle: Fraunhofer IPA/Mark Becker

Seite 58: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Werner Huthmacher,
Berlin

Seite 59, rechts: Quelle: Adobe Stock/donfiore

Seite 60, links: Quelle: Adobe Stock/Sved Oliver

Seite 60, rechts: Quelle: Fraunhofer IPA,

Foto: Nadine Schlotterer

Seite 61, rechts: Quelle: Fraunhofer IPA, Foto: Vanessa Stachel

Seite 62, links: Quelle: Hochschule Reutlingen

Seite 62/63: Quelle: Hochschule Reutlingen

Seite 65, oben links: Quelle: Universität Stuttgart/

Fraunhofer IPA

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de