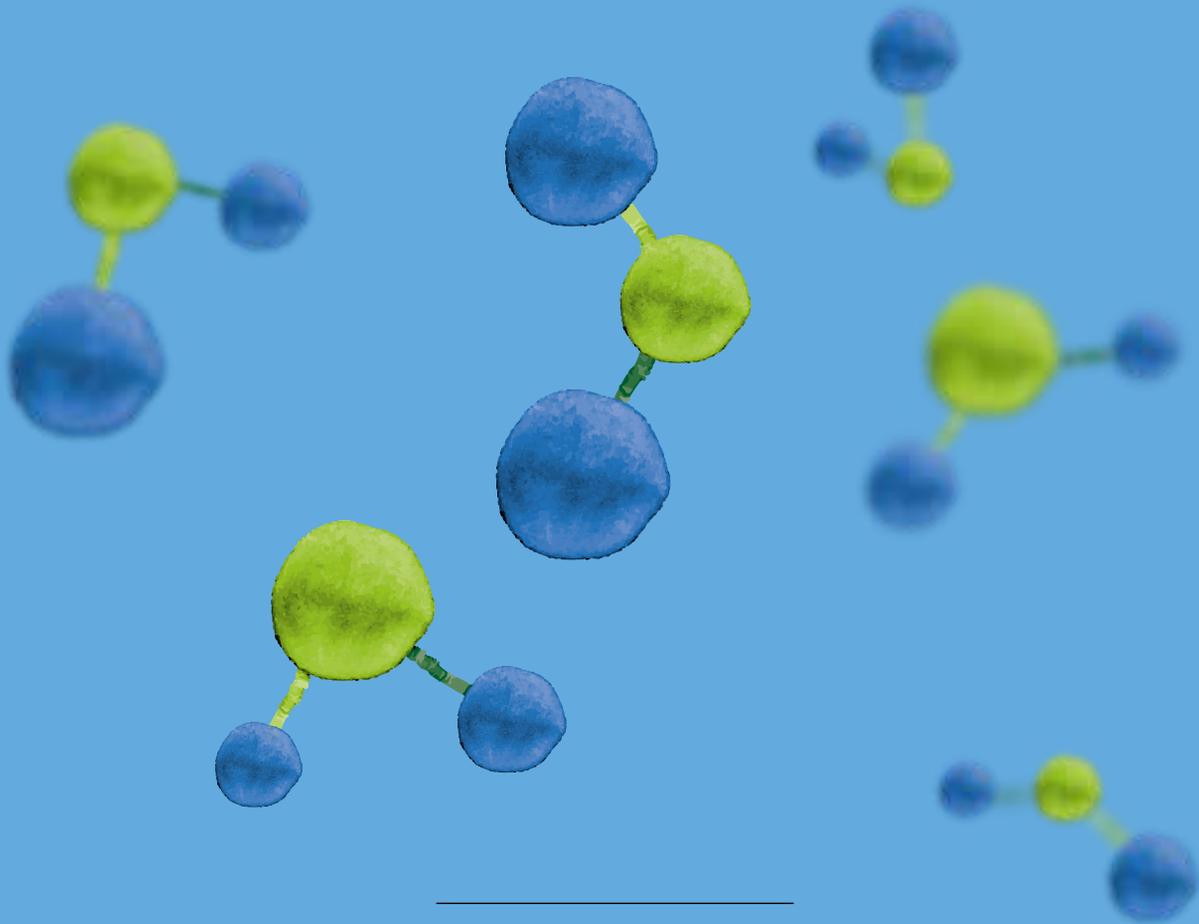


futur

VISION | INNOVATION | REALISIERUNG



CO₂-NEUTRALE PRODUKTION

Klimaneutral – aber wie?

Der Klimawandel stellt die Industrie vor eine große Aufgabe: Wie lassen sich Treibhausgase auf wirtschaftlich tragbarem Weg reduzieren?

S. 10

Hybride Überflieger

Die Zukunft der Mobilität ist (hybrid)elektrisch – auch im Luftfahrtsektor. Für die damit einhergehenden Anforderungen müssen jetzt die digitalen Weichen gestellt werden.

S. 52

Was die Welt zusammenhält

Schweißen wird nachhaltiger: Durch Werkstoffauswahl, Leichtbau-Methoden und nicht zuletzt Industrie 4.0-Verfahren.

S. 36



**Dieses Wölkchen entstand
aus Abfall.**



Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin

KURZPROFIL Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) Berlin beherbergt zwei Forschungseinrichtungen: das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Als produktionstechnische Forschungs- und Entwicklungspartner mit ausgeprägter IT-Kompetenz sind beide Institute international gefragt. Ihre enge Kooperation im PTZ versetzt sie in die einzigartige Lage, die gesamte wissenschaftliche Innovationskette von der Grundlagenforschung über anwendungsorientierte Expertise bis hin zur Einsatzreife abdecken zu können.

Dabei unterstützen wir Unternehmen umfassend entlang der gesamten Wertschöpfung: In enger Zusammenarbeit mit Industriekunden und öffentlichen Auftraggebern entwickeln wir Systemlösungen, Einzeltechnologien und Dienstleistungen für die gesamte Prozesskette produzierender Unternehmen – von der Produktentwicklung, von der Planung und Steuerung der Maschinen und Anlagen, inklusive der Technologien für die Teilefertigung bis hin zur umfassenden Automatisierung und dem Management von Fabrikbetrieben. Zudem übertragen wir produktionstechnische Lösungen in Anwendungsgebiete außerhalb der Industrie, etwa in die Bereiche Verkehr und Sicherheit.

LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

CO₂-neutral, klimafreundlich, emissionsfrei. Diese Begriffe beschreiben Maßnahmen, die alle auf dasselbe Ziel einzahlen: Eine Art zu Wirtschaften, die die Erderwärmung nicht weiter vorantreibt. Dass es bei Worten nicht bleibt, darum bemühen sich politische Institutionen wie die EU-Kommission, aber auch verantwortungsbewusste Betriebe und nicht zu vergessen soziale Bewegungen wie Fridays for Future.

Besonders im produzierenden Gewerbe ist viel Erfindungsreichtum gefragt, möchte man die Idee von der CO₂-Neutralität in die Tat umsetzen. Denn wo gehobelt wird, fallen Späne, und wo produziert wird, werden Ressourcen und Energie verbraucht. Gemeinsames Ziel der Forschenden am PTZ Berlin ist es deshalb, alle Prozesse, die mit der Herstellung von Gütern verbunden sind, so zu gestalten, dass Verbraucherverwünsche erfüllt und gleichzeitig langfristige Umweltinteressen bedient werden können.

So entwickeln wir derzeit in mehreren FuE-Projekten klassische Fertigungsverfahren weiter, um sie klimafreundlicher zu gestalten. Wissenschaftler des IWF der TU Berlin haben zum Beispiel herausgefunden, dass beim Honen die Zusetzung des Honbelags durch abgetrenntes Material mithilfe von niederfrequenten Schwingungen erheblich reduziert werden kann, wodurch sich Metalle auch ohne umwelt- und klimaschädliche Kühlschmierstoffe bearbeiten lassen.

Auch beim Schweißen lassen sich durch Werkstoffauswahl, Leichtbau-Methoden und nicht zuletzt Industrie 4.0-Verfahren erhebliche Potenziale für CO₂-Einsparungen

heben. Dies zeigt der Artikel »Was die Welt zusammenhält«, der die Ergebnisse mehrerer Projekte des Fraunhofer IPK zusammenfasst.

Wie sich bereits Emissionen einsparen lassen, noch bevor die Fertigung überhaupt anläuft, ergründen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich Produktentstehung. Sie entwickeln durchgängige Datenstrategien für treibhausgasintensive Branchen wie Luft- und Raumfahrt oder Automobilbau, dank derer die wichtigsten CO₂-Treiber identifiziert und ausgeschaltet werden können.

Dass wir bei diesem wichtigen Thema mit unseren Kunden und Partnern an einem Strang ziehen, zeigen die Gastbeiträge in unserem Heft. Mit Gudrun Sack, Geschäftsführerin der Berliner Tegel Projekt GmbH, sprachen wir über die Stadt der Zukunft. Unser Alumnus Benjamin Graf zieht in einer Gastkolumne Parallelen zwischen der Produktionswissenschaft und der Erzeugung von Mobilität bei der Deutschen Bahn. Und eine Runde von Experten und Expertinnen aus dem Projekt »BioFusion 4.0« tauscht sich im Heft zu der Frage aus, was produzierende Unternehmen von der Natur lernen können.

Viel Freude bei der Lektüre wünscht

Ihr



Eckart Uhlmann



Inhalt

Nachhaltig und sozial:
die Stadt der Zukunft
↳ Mehr dazu ab Seite 16



© Tegel Projekt GmbH

08 Shortcuts

10 Klimaneutral – aber wie?

Der Klimawandel stellt die Industrie vor eine große Aufgabe: Wie lassen sich Treibhausgase auf wirtschaftlich tragbarem Weg reduzieren?

16 Die Stadt von Morgen
Gudrun Sack, Geschäftsführerin der Berliner Tegel Projekt GmbH im FUTUR-Interview

Mit vollem Schub in Richtung klimaschonender Raketen
↳ Mehr dazu ab Seite 20



© ArianeGroup Holding / Master Image

20 Der Digital Thread ins Weltall

Im All wettbewerbsfähig bleiben? Das geht nur mit nachhaltigen und wirtschaftlichen Trägerraketen.

22 ArianeGroup – Europas Schwelle zum Weltall

Als Weltmarktführer im Bereich Raumtransport ist die ArianeGroup auch Garant für Europas strategische Unabhängigkeit im All.

24 Auf dem Trockenen

Der Einsatz von Kühlschmierstoffen ist in der Metallbearbeitung die Norm. Ein Team am IWF der TU Berlin sucht nach umweltschonenderen Alternativen.

Muss Metallbearbeitung so nass sein?
↳ Mehr dazu ab Seite 24



© Pixel B / Shutterstock

28 Produktion am Zug

Ein Gastbeitrag von Dr. Benjamin Graf, Senior Referent bei der Konzernleitung der Deutschen Bahn AG und Fraunhofer IPK-Alumnus

30 Maschinell trifft manuell

Ein KI-basiertes Assistenzsystem macht die Identifikation von Altteilen robuster und rentabler. Dadurch können mehr Teile instandgesetzt werden, anstatt sie neu zu produzieren.

32 Gut gescannt ist halb saniert

Bestandsgebäude sind für ein Drittel aller deutschen CO₂-Emissionen verantwortlich. Um sie auf Grundlage von 3D-Modellen effizient zu sanieren, wird das Scanning-Verfahren weiterentwickelt.

36 Was die Welt zusammenhält

Beim Schweißen zählt heute neben der Effizienz auch die Nachhaltigkeit. Durch Werkstoffauswahl, Leichtbaumethoden und nicht zuletzt Industrie 4.0-Verfahren lässt sich beides steigern.

40 Je früher, desto besser

Digitale Zwillinge helfen dabei, den CO₂-Fußabdruck von Produkten entlang des Lebenszyklus zu verfolgen und langfristig zu reduzieren. Sie zeigen: Der wichtigste Hebel für Emissionseinsparungen ist ganz zu Anfang.

46 Was die Industrie von der Natur lernen kann

Eine Gesprächsrunde von Expertinnen und Experten aus dem Projekt »BioFusion 4.0«, in dem Forschungsinstitutionen, Konzerne und Start-ups an der biologischen Transformation der Industrie arbeiten.

50 Additiv, kreativ, alternativ

Biopolymere für industrielle Zwecke zu verarbeiten, ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Das Fraunhofer IPK verfügt über das nötige Equipment.

52 Hybride Überflieger

Die Zukunft der Mobilität ist (hybrid)elektrisch – auch im Luftfahrtsektor. Für die damit einhergehenden Anforderungen müssen jetzt die digitalen Weichen gestellt werden.

56 Ereignisse und Termine

57 Mehr Können

58 Impressum

Vom Reißbrett bis zur Demontage: Daten aus dem gesamten Lebenszyklus helfen dabei, Produkte auf ihre CO₂-Bilanz hin zu optimieren.

↳ Mehr dazu ab Seite 40



IM DETAIL



Welche komplexe Technologie Sie hier sehen, erfahren Sie

↳ ab Seite 52.

MODELLIERUNGS- UND SIMULATIONSBEDARFE DER INTELLIGENTEN FABRIK

In der neuen Expertise des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0 beleuchtet das Fraunhofer IPK aktuelle Ansätze zur Nutzung von Modellierung und Simulation in der intelligenten Fabrik. Für Industrie 4.0-Fähigkeiten mit unterschiedlichen Komplexitätsgraden wurde dabei ermittelt, welche Forschungs- und Entwicklungsbedarfe in Zukunft adressiert werden müssen, um eine intelligente Fabrik zu ermöglichen.

↳ **Weitere Informationen und Download der Studie** unter www.ipk.fraunhofer.de/expertise-modellierung-simulation



RUNDUMPAKET FÜR DEN BETRIEBLICHEN KLIMASCHUTZ

Klimaschutz wird zunehmend entscheidend für alle Unternehmen und ist eine gemeinsame Aufgabe. Das Projekt »KliMa-Wirtschaft« unterstützt Unternehmen aller Branchen und Größen praktisch und individuell, ihre Treibhausgasemissionen messbar zu reduzieren. Sie werden bei der Entwicklung, Umsetzung und Bewertung eigener Klimaschutzmaßnahmen mit einer dreiteiligen Workshop-Reihe, Webinaren und Checklisten sowie einer Telefonsprechstunde begleitet. Alle Angebote sind kostenfrei.

Das Projekt »KliMaWirtschaft – Bundesweites Klimaschutzmanagement für die Wirtschaft« (67KF0166A) wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Förderaufrufs für innovative Klimaschutzprojekte der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI).



↳ **Anmeldung und weitere Informationen** unter: www.klimaschutz-wirtschaft.de

GUT GESAGT

»Unsere Vision ist, Holzbau auf industrielles Niveau zu skalieren und dem klimafreundlichen Bauen so zum Durchbruch zu verhelfen.«

Gudrun Sack, Geschäftsführerin der Tegel Projekt GmbH in Berlin
↳ Mehr dazu ab Seite 16



DIE ZAHL DER AUSGABE

800 000 000 000 000 kg

oder 800 Gigatonnen CO₂-Äquivalente wird die Produktion von Stahl, Aluminium, Plastik und Zement mit dem aktuellen Stand der Produktionstechnik im 21. Jahrhundert verbrauchen. Wie Unternehmen dem entgegenwirken können, erfahren Sie in unserem Leitartikel zur klimaneutralen Produktion. ↳ ab Seite 10

Klimaneutral – aber wie?

Der Klimawandel stellt die Industrie vor eine große Aufgabe: Wie lassen sich Treibhausgase auf wirtschaftlich tragbarem Weg reduzieren?

Die deutsche Industrie ist für rund 20 Prozent der CO₂-Emissionen hierzulande verantwortlich. Damit ist sie der zweitgrößte Verursacher von Treibhausgasen hinter der Energiewirtschaft und vor Verkehr, Gebäudebereich, Landwirtschaft und Abfallsektor. Nach aktuellen Berechnungen verzeichnete die Industrieproduktion im Jahr 2021 rund 181 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente – und lag damit nach einem Rückgang 2020 wieder fast auf dem Niveau von 2019. Grund dafür sind nach Angaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz »aufholende Konjunkturreffekte in Folge der Corona-Krise und ein vermehrter Einsatz fossiler Brennstoffe«.

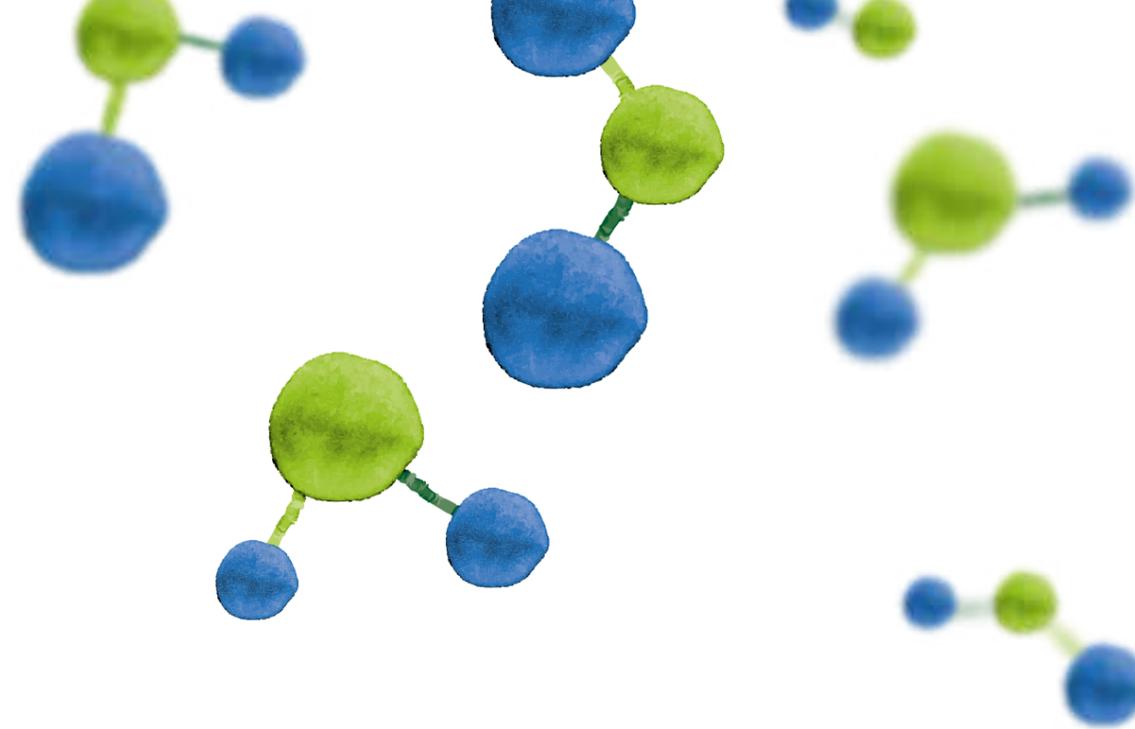
Die meisten Emissionen im Industriebereich entstehen in der Stahlindustrie, in der Chemieindustrie und bei der Herstellung mineralischer Produkte wie Zement. Auf das verarbeitende Gewerbe, darunter mit Fahrzeugbau, Maschinenbau sowie der Metallerzeugung und -bearbeitung die Branchen mit der traditionell höchsten Bruttowertschöpfung, entfielen in 2020 rund 120 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Prognosen zufolge wird allein die Produktion von Stahl, Aluminium, Plastik und Zement mit dem aktuellen Stand der Produktionstechnik im 21. Jahrhundert etwa 800 Gigatonnen CO₂ verursachen.

Damit wäre das 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris vereinbarte Ziel, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf unter zwei Grad Celsius zu begrenzen, verfehlt.

Klimaforschung, Wirtschaftsverbände und Politik sind sich deshalb einig: Um das Ziel der Bundesregierung zu erreichen, Deutschland bis 2045 treibhausgasneutral zu machen, ist nicht nur ein zunehmender Einsatz von erneuerbaren Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz notwendig, sondern auch ein Umstieg auf eine klimaneutrale Produktion. Doch was bedeutet es für Unternehmen konkret, CO₂-neutral zu produzieren? Und wie gelingt CO₂-Neutralität in globalen Herstellungs- und Wertschöpfungssystemen?

ALLE EMISSIONEN IM BLICK

Emissionen berechnen, reduzieren und kompensieren – das sind die grundlegenden Schritte, die produzierende Unternehmen



Mindestpreis pro Tonne CO₂ ab 2025
55 €

Anteil des deutschen verarbeitenden Gewerbes am Energieverbrauch aller Produktionsbereiche

42 Prozent

Deutscher Strompreis im globalen Vergleich

Platz 15 (von 133)

auf dem Weg zu einer klimaneutralen Herstellung gehen können. Einige deutsche Hersteller orientieren sich dabei bereits an dem Greenhouse Gas Protocol (GHGP), einem international anerkannten Standard, der die Handlungsoptionen für Unternehmen zur Reduzierung von Emissionen in drei Kategorien – sogenannte »Scopes« – unterteilt.

Scope 1 adressiert alle direkten Emissionen, die ein Unternehmen bei der Herstellung seiner Produkte selbst verursacht – zum Beispiel in eigenen Produktionsanlagen und -prozessen oder auch durch eigene Unternehmensfahrzeuge. Scope 2 berücksichtigt alle indirekten Emissionen, die einem Unternehmen durch den herstellungsbedingten Verbrauch von Strom, Dampf oder Heiz- und Kühlmitteln entstehen. Scope 3 schließt darüber hinaus alle indirekten Emissionen aus der vor- und nachgelagerten Wertschöpfung sowie dem Lebenszyklus eines Produkts ein. Dazu zählen Materialien und Komponenten von Zulieferern, die damit verbundene Logistik sowie die Nutzung der erzeugten Produkte bis hin zu ihrem Lebenszyklusende. Auch Dienstreisen des Unternehmenspersonals fließen hier mit ein.

UNTERNEHMEN AM HEBEL

Unternehmen können mit energiebezogenen Maßnahmen, die auf ihre eigene Produktion, Entwicklung und Organisation fokussiert sind, direkten Einfluss auf die Reduktion von Emissionen aus Scope 1 und 2 nehmen. Dazu gehören zum Beispiel die Investition in erneuerbare Energien wie Wind, Photovoltaik oder die Nutzung von Prozessabwärme, um selbst Strom zu





Bild:
Der EcoDryScrubber von Dürr setzt auf Trockenabscheidung und kommt ohne Wasser und Koagulierungschemikalien aus. Das Resultat: Energieeinsparungen und Ressourcenschonung in der Lackierung, dem energieintensivsten Prozess der Fahrzeugproduktion. © Dürr

erzeugen. Bosch, einer der großen Automobilzulieferer in Deutschland, gibt an, auf diese Weise mit seinen weltweit über 400 Standorten bereits seit 2020 klimaneutral zu sein. Um mit Blick auf Scope 3 seinen ökologischen Fußabdruck weiter zu minimieren, will das Unternehmen auch vor- und nachgelagerte Emissionen bis 2030 um 15 Prozent reduzieren und setzt dabei neben einer zunehmenden Kreislaufwirtschaft und einem sorgsamem Umgang mit Wasser auf den Ausgleich unvermeidbarer CO₂-Emissionen mit Kompensationsmaßnahmen.

Der Automobilhersteller Audi will bis 2025 zumindest bilanziell CO₂-neutral produzieren. Ein ehrgeiziges Vorhaben angesichts der Annahme, dass im Zuge der zunehmenden Elektromobilität die CO₂-Emissionen

künftig eher noch steigen werden – denn auch wenn Elektroautos in der Nutzung wesentlich klimafreundlicher sind, ist ihre Produktion laut einer Studie des Fraunhofer ISI mit einem höheren Energieverbrauch verbunden als bei herkömmlichen Benzinern. Erreichen will das Unternehmen, indem es die gesamte Wertschöpfung, inklusive der Lieferketten seiner Produktion klimaneutral ausrichtet. Im ersten Schritt steht dazu bei Audi die Energieeinsparung in den eigenen Werken, im zweiten die Nutzung grüner Energie und erst im dritten Schritt die Kompensation nicht vermeidbarer Emissionen. Mit seiner Initiative »Aluminium Closed Loop« führt Audi zudem seit 2017 den traditionellen, aber sehr energieintensiven Leichtbauwerkstoff in einem Recyclingkreislauf. So spart der Hersteller Primär-Rohstoffe und verbessert die Umweltbilanz seiner Fahrzeuge bereits, bevor sie in die Nutzungsphase gehen. Die Maß-

nahmen, die auch die Zulieferer einschließen, bergen laut Audi bis 2025 pro Auto ein Reduktionspotenzial von durchschnittlich 1,2 Tonnen CO₂.

RESSOURCENEFFIZIENZ ALS SCHLÜSSEL

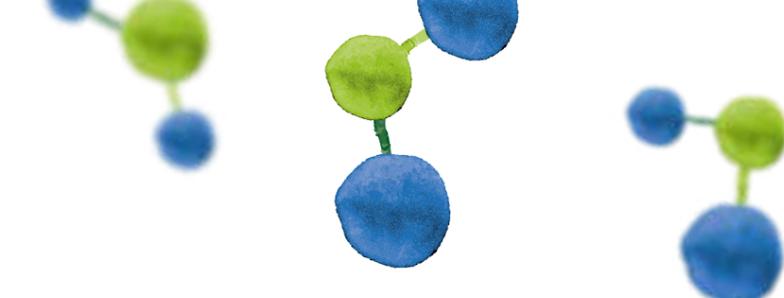
Die Beispiele machen deutlich, dass neben dem Energieverbrauch ein effizienter Umgang mit Ressourcen sowie eine konsequente Kreislaufwirtschaft die Schlüssel zu einer klimaneutralen Produktion sind. Das trifft auch auf den Maschinen- und Anlagenbau zu. Die Branche gilt eher als material-, denn energieintensiv und muss sich vor allem Herausforderungen bezüglich der Scope 3-Emissionen in ihren Lieferketten stellen.

»Deshalb ist es wichtig, dass global agierende Unternehmen, aber auch kleine und mittelständische Betriebe Daten entlang ihrer kompletten Wertschöpfungskette

erheben,« sagt Prof. Dr. Holger Kohl, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IPK und Experte für nachhaltiges Unternehmensmanagement. Er und sein Forscherteam untersuchen zum Beispiel mithilfe der Ökobilanz-Methode, an welchen Stellen im Produktlebenszyklus sich am meisten CO₂ einsparen lässt. Unternehmen können so feststellen, wo sich der meiste Impact generieren lässt, zielgerichtet die großen CO₂-Treiber identifizieren und wirtschaftliche und effiziente Maßnahmen ableiten. Kohl zufolge liegen die größten Chancen in einer Reduzierung des Energieverbrauchs und der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen, aber vor allem in geschlossenen Material-Kreisläufen und einem vermehrten Einsatz von recycelten Materialien oder Produkten und Bauteilen, die ein Remanufacturing durchlaufen haben. »Vielfach lassen sich ca. 80 Prozent der CO₂-Emissionen durch Energieeinsparungen erreichen,« so Holger Kohl. »Die letzten 20 Prozent sind diffiziler und müssen auch langfristiger in Angriff genommen werden.« Das geht am Ende nur über die Produktionstechnik und eine konsequente Ressourcenschonung nicht nur in der eigenen, sondern auch in der vor- und nachgelagerten Wertschöpfung.

WANDEL IST MÖGLICH

Best Practices aus dem Maschinenbau und der Metallbearbeitung unterstreichen das: Mit modernen Heiz-, Luft- und Kühlkonzepten, verbrauchsoptimierten Komponenten und intelligenten Aggregatregelungen verbessert zum Beispiel der Anlagenhersteller



1

**Bilder:
1 und 2**
Im Rahmen des Aluminium Closed Loop bringt Audi bei der Produktion entstandene Aluminiumabfälle zurück zum Zulieferer, der daraus neue Aluminium-Coils in Originalqualität herstellt und diese wieder an Audi liefert.
© AUDI AG



2

DMG MORI die Energie- und Emissionseffizienz seiner Maschinen. Darüber hinaus folgt das Unternehmen einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie und reduziert an allen seinen Standorten weltweit den CO₂-Ausstoß. Dürr, Systemlieferant für Abluftreinigung und Lackiertechnik, modernisiert Bestandsanlagen durch eine Umrüstung von Nassabscheidung auf Trockenabscheidung und hilft so Autoherstellern, den Energiebedarf für die Gesamtproduktion eines Fahrzeugs um 10 Prozent zu senken. Der Spannmittelhersteller Hainbuch setzt beim Thema Ressourcenschonung auf langlebige Produkte und bietet Baukastenlösungen an, mit denen Kunden aus der Luft- und Raumfahrt sowie der Medizintechnik Werkzeugmaschinen ohne Mehraufwand an unterschiedliche Fertigungsaufträge anpassen können.

Prof. Dr. Dr. Eckart Uhlmann, Institutsleiter des Fraunhofer IPK, sieht Potenziale für eine rundum klimaneutrale Produktion ebenfalls vor allem in der Optimierung von Fertigungsverfahren und -anlagen, dem Herzstück produzierender Unternehmen. »Wir müssen Hersteller in die Lage versetzen, alle Fertigungsschritte energie- und ressourcenschonend zu gestalten,« betont der Experte für Produktionssysteme. Dafür entwickeln er und sein Team beispielsweise Technologien für die Hochleistungsbearbeitung, die höchsten Anforderungen an Produktivität, Zuverlässigkeit und Ressourceneffizienz gerecht werden. Im Fokus der Forschung steht dabei unter anderem die Optimierung von Zerspanungsprozessen. Einige Anlagenbauer, wie das Beispiel von Dürr zeigt, stellen bereits von Nass- auf Trockenbearbeitung um und verzichten bei vielen Zerspanungsprozessen auf Kühlschmiermedien. Dort, wo deren Einsatz zwingend notwendig bleibt, liefern IPK-Experten Lösungen mit ätherischen Ölen, durch die toxische Substanzen vermieden und sogar antimikrobielle Effekte erzielt werden können.



1

»Wir müssen Hersteller in die Lage versetzen, alle Fertigungsschritte energie- und ressourcenschonend zu gestalten.«

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann



2

Bilder:
1
 Seit Januar 2021 erhalten Kunden weltweit vollständig klimaneutral produzierte Maschinen aus allen DMG MORI-Produktionswerken.
 © DMG MORI
2
 Kryogene Kühlung mit CO₂ macht eine kostengünstige und energieeffiziente Hochleistungsbearbeitung möglich, ganz ohne umweltbelastende Schmierstoffe.

Darüber hinaus entwickeln Fraunhofer IPK-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Strategien und Technologien für die Wartung, Instandhaltung und Reparatur von Bauteilen, Maschinen und Anlagen sowie für die Wiederverwertung von Komponenten und Produkten. Dazu gehören auch Lösungen für das Remanufacturing von Altteilen. Gebrauchte Fahrzeugbauteile wie zum Beispiel Anlasser oder Lichtmaschinen können so nicht nur recycelt, sondern auch mithilfe von KI wiederaufbereitet und einem weiteren Lebenszyklus in der Nutzung zugeführt werden. Laut einer Studie des VDI Zentrums Ressourceneffizienz könnten bis zu

80 Prozent der Herstellungskosten durch ein solches Remanufacturing von Altteilen eingespart und bis zu rund 90 Prozent der Materialverbräuche reduziert werden.

Uhlmann ist sich sicher: »Nur wenn Unternehmen die Nutzungs- und End of life-Phase ihrer Produkte im Hinblick auf ihre Klimaneutralität von Anfang an im Produktentwicklungs- und Produktionsprozess mitdenken, können sie den ökologischen Fußabdruck ihrer Produkte und Dienstleistungen möglichst klein halten.« Wirtschaftliche Effizienz und Nachhaltigkeit müssten dabei Hand in Hand gehen – denn mit

einer konsequenten Kreislaufwirtschaft könnten produzierende Unternehmen letztlich nicht nur ihre CO₂-Emissionen verringern und die Ressourceneffizienz erhöhen, sondern auch ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig steigern. ♦

IHRE ANSPRECHPERSONEN
Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl
 +49 30 39006-233
 holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
 +49 30 39006-100
 eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de



Die Stadt von Morgen

© Jonas Maron

Nach der Schließung des Flughafens Tegel wächst auf dessen ehemaligem Areal unter anderem ein neues Wohnviertel heran: Das Schumacher Quartier soll ein nachhaltiges, smartes und soziales Zuhause für mehr als 10 000 Menschen werden. Wir sprachen mit Gudrun Sack, Geschäftsführerin der Tegel Projekt GmbH, über Berlins ambitioniertes Vorzeigeprojekt.

Interview mit Gudrun Sack, Tegel Projekt GmbH

| futur | Frau Sack, Sie sind seit Mai 2021 als Geschäftsführerin bei der Tegel Projekt GmbH sowohl für das Wohnquartier als auch den Innovationspark zuständig. Wie ist der aktuelle Stand der Planung?

/ Sack / Die Planungen für beide Projekte sind weit gediehen und beruhen auf nunmehr zehn Jahren intensiver Auseinandersetzung mit der Frage, wie wir künftig in unseren Städten leben wollen. Dabei sind für die Urban Tech Republic und das Schumacher Quartier Konzepte entstanden, die beispielgebend innovativ sind. Diese gilt es nun umzusetzen und das ist für uns ein genauso spannender wie herausfordernder Prozess.

Im Kern der Urban Tech Republic, nämlich im ehemaligen Hauptterminal, wird eine Hochschule zu Hause sein und darum herum schaffen wir Platz für bis zu 1 000 Start-ups und Unternehmen, die sich mit innovativen Technologien für unsere Städte beschäftigen. Angewendet werden sie idealerweise gleich nebenan im Schumacher Quartier. Ein smartes, CO₂-neutrales Stadtviertel wird das sein, hochmodern, sozial gemischt, mit bezahlbaren Mieten. Beiden Projekten gemein ist ihr Modellcharakter mit einer Vielzahl an Einzelinnovationen. Konzepte wie das autofreie Quartier oder die 15-Minuten-Stadt kommen hier ebenso zur Anwendung wie ein



neuartiges Energiesystem, das Schwammstadtprinzip oder Animal-Aided-Design.

| futur | Wo stehen Sie gerade ganz konkret?

/ Sack / Im August 2021 haben wir das Projektgelände des früheren Flughafens übernommen und seitdem laufen parallel zu den Planungen die ersten Schritte der Umsetzung. Konkret beschäftigen uns aktuell Kampfmittelräumungen und Vorbereitungen für den Tiefbau. Die ersten Bebauungspläne sind festgesetzt, die Grund-

Bild:
Mit »Berlin TXL – The Urban Tech Republic« entsteht ein Innovationspark für urbane Technologien.
© Tegel Projekt GmbH

GUDRUN SACK

GESCHÄFTSFÜHRERIN DER TEGEL PROJEKT GMBH IN BERLIN

Gudrun Sacks Schwerpunkte liegen im nachhaltigen Planen und Bauen, in der Verankerung von Qualitäten und neuen Standards im Bau sowie in der Umsetzung von zukunftsweisenden und gleichzeitig praktikablen städtebaulichen Lösungen. Die ausgebildete Restauratorin startete nach ihrem Architekturstudium an der Technischen Universität Berlin und an der Hochschule für angewandte Kunst Wien ihre berufliche Laufbahn bei Norman Foster in London. Nach einer Zwischenstation bei Alsop Störmer Architekten in Hamburg arbeitete sie als wissenschaftliche Assistentin im Fachbereich Architektur der Universität der Künste Berlin. Mehr als 20 Jahre war Gudrun Sack Geschäftsführerin bei NÄGELIARCHITEKTEN mit Büros in Berlin und Karlsruhe. Sie war u. a. Vorstandsmitglied der Architektenkammer Berlin sowie des Netzwerks Berliner Baugruppen Architekten und ist Mitglied im Arbeitskreis Wohnungsbau beim BDA – Bund Deutscher Architektinnen und Architekten.

stücksvergabe kann in diesem Jahr starten und wir freuen uns, erste Unternehmen am Standort zu haben. 1 600 m² in Büros und Werkstätten sowie 6 000 m² Experimentierflächen werden im künftigen Forschungs- und Industriepark schon heute genutzt. Das ist großartig. Parallel zu den Sanierungen der denkmalgeschützten Flughafengebäude beginnt 2024 die erste große Bauphase. Geplant ist, dass 2027 der erste Bauabschnitt in der Urban Tech Republic abgeschlossen ist und im Schumacher Quartier die ersten Holzgebäude stehen.

| futur | Das Schumacher Quartier gilt als Modellprojekt für eine an die Auswirkungen des Klimawandels angepasste Quartiersentwicklung. Was unternehmen Sie konkret, um das neue Stadtviertel klimaneutral zu gestalten?

/ Sack / Im Schumacher Quartier kommen verschiedene Bausteine zum Tragen, die nicht nur auf Klimaneutralität, sondern auch auf Klimaresilienz abzielen. So setzen wir auf nachhaltige Rohstoffe, erneuerbare Energien, den sensiblen Umgang mit Ressourcen und einen bewussten Blick auf den CO₂-Abdruck, den wir hinterlassen – bei allem, was wir tun. Unser großes Thema ist die Kreislaufwirtschaft. Wir denken nicht in Verbrauch, sondern in der Weiter- und Wiederverwendung von Rohstoffen innerhalb eines Kreislaufsystems. Das betrifft das Schumacher Quartier, aber auch die

Urban Tech Republic, wo wir zum Beispiel kaum Gebäude abreißen, sondern umbauen oder den Beton der vielen versiegelten Flächen recyceln.

| futur | Inwieweit wird das Schumacher Quartier dabei von dem benachbarten Innovationspark profitieren?

/ Sack / Ganz unmittelbar. Das Schumacher Quartier gilt als Modellquartier für die »Stadt von morgen« und neue Formen des Bauens. Die technologischen Grundlagen hierfür werden in der Urban Tech Republic erforscht, erprobt, produziert und in marktaugliche Lösungen überführt. Angefangen beim effizienten Einsatz von Energie über nachhaltiges Bauen, umweltschonende Mobilität, Recycling und die vernetzte Steuerung von Systemen bis hin zu sauberem Wasser und dem Einsatz neuer Materialien. Wenn wir unser Projektgebiet betrachten, dann finden Forschung, Entwicklung, Produktion und Anwendung in einem 500 Hektar großen Mikrokosmos statt, in dem das »System Stadt« mit all seinen Facetten neu gedacht und zukunftsfähig ausgestaltet werden kann.

| futur | Welche Rolle spielt der Rohstoff Holz im städtebaulichen Konzept des Schumacher Quartiers?

/ Sack / Eine sehr große. Nichts Geringeres als das größte urbane Holzbau-Quartier der Welt soll hier entstehen. Unsere



2



3

»Unsere Vision ist, Holzbau auf industrielles Niveau zu skalieren und dem klimafreundlichen Bauen so zum Durchbruch zu verhelfen.«

Gudrun Sack

Vision ist, Holzbau auf industrielles Niveau zu skalieren und dem klimafreundlichen Bauen so zum Durchbruch zu verhelfen. Wir wollen Holzbau attraktiv und konkurrenzfähig machen und gleichzeitig 80 Prozent klimaschädlicher Emissionen sparen. Angesichts der Tatsache, dass der Gebäudesektor für fast 40 Prozent aller CO₂-Emissionen verantwortlich ist, ist eine Bauweise alternativlos. Mit dem Schumacher Quartier können wir zeigen, welche nachhaltigen Innovationen in der Quartiersentwicklung möglich sind.

| futur | Expertinnen und Experten des Fraunhofer IPK haben untersucht, wie Architektur in Holzbauweise in solch einer Größenordnung gelingen kann. Industrie 4.0-Technologien können dazu einen wesentlichen Beitrag leisten. Welche Vorteile versprechen Sie sich von Digitalisierung und Automatisierung im Holzbau?

/ Sack / Digitalisierung zieht sich als roter Faden durch die Nachnutzung des Flughafens Tegel. Dabei planen wir nicht nur digital, sondern bauen auch eine digitale Infrastruktur mit eigener Datenplattform

auf. Und natürlich liegen auch für den Holzbau die Vorteile von Digitalisierung und Automatisierung auf der Hand. Sie machen die Vorfertigung schneller, effizienter, kontrollierbarer und sind aus der seriellen Produktion nicht wegzudenken. Das Bauvolumen, das wir mit dem Schumacher Quartier vor der Brust haben, ist ohne digitalisierte Planungs- und Fertigungsprozesse schlicht nicht machbar. Der Holzbau ist sowieso schon sehr digitalisiert unterwegs. Für die Anforderungen eines klimapositiven Bauens ist der Vorfertigungsgrad im Holzbau ein wesentlicher Vorteil, wenn Sie beispielsweise an den Blower-Door-Test denken. Mit einem sehr hohen Grad an Vorfertigung ist es viel einfacher, präzise Bauteile herzustellen.

| futur | Wenn Sie zehn Jahre in die Zukunft blicken, dann ...

/ Sack / ... wurde die Bauweise vollzogen. Wir bauen weniger, aber dafür klimaschonender und qualitativ besser. Berlin TXL ist dabei beispielhaft vorangegangen. Hier wurden die ersten 3D gedruckten Holzfasaden gefertigt, Wohnblöcke mit integrierten, autark funktionierenden Gemüseanbauflächen realisiert und vieles mehr. Im Schumacher Quartier konnte sozialverträglicher Wohnungsbau mit einer interessanten Akteurmischung verwirklicht werden; ein lebendiges, buntes und naturverbundenes Wohnviertel ist entstanden. Und die klugen Lösungen für solch lebenswerte Quartiere – die entstehen in der wachsenden Urban Tech Republic, Berlins Innovations-Hub für urbane Technologien. ♦



1

Bilder:

1
Quartiersstraße im künftigen Schumacher Quartier

2
Zukunft aus der Vogelperspektive: Auf dem ehemaligen Gelände des Flughafens Tegel entstehen ein Forschungs- und Industriepark für urbane Technologien und ein neues Wohnviertel.

3
Umweltschonende Mobilität wird bei der Quartiersplanung mitgedacht. alle Bilder © Tegel Projekt GmbH

Der Digital Thread ins Weltall

Im All wettbewerbsfähig bleiben?
Das geht nur mit nachhaltigen und wirtschaftlichen Trägerraketen.



Die Verkehrsdichte im All hat seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts stark zugenommen. Waren es damals noch staatliche Akteure, die mit Träger Raketen den Weltraum eroberten, so sind es heutzutage private Unternehmen, die den Ton angeben – wie etwa Space X von Tesla-Gründer Elon Musk oder Rocket Lab von Peter Beck. So geraten insbesondere europäische Unternehmen durch ein kostenintensiveres und im Wesentlichen institutionell geprägtes Raketenprogramm unter zunehmenden Wettbewerbsdruck, gerade in Bezug auf Nachhaltigkeit. Hinzu kommt, dass die Europäische Raumfahrtagentur ESA, die bisher nur in Kooperation mit der NASA bemannte Flüge ins All vornimmt, nun den Schritt hin zu einem unabhängigen bemannten Zugang zum Weltall wagen will. Nur so kann Europa klimatische und ökologische Themen eigenständig erforschen sowie strategische und militärische Souveränität erlangen.

Um diese Interessen zu bedienen, müssen Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Trägerraketen der ESA, welche von der ArianeGroup entwickelt und produziert werden, weiter gestärkt werden. In diesem Zusammenhang müssen nicht nur die gesamten Entwicklungs-, Produktions- und Betriebsphasen von Trägerraketen digitalisiert werden, sondern es bedarf einer durchgängigen und zuverlässigen Informationsstrategie. Dabei gilt es außerdem, die informationsgebenden Systeme aus der Produktentwicklung mit der Produktion und dem Betrieb zu vernetzen.

DIGITALE DURCHGÄNGIGKEIT

Im Zuge dieser Transformation müssen Mechanismen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit informationstragender Systeme entwickelt und eingeführt werden. Weiterhin müssen diese bewusst auf die sich wandelnden Produkt- und Infrastruktursysteme ausgelegt werden.

Für die Informations- und Qualitätssicherung sind dabei nicht mehr allein die IT-Systeme entscheidend, sondern auch der gesamte Entwicklungs-, Produktions- und Betriebsprozess. Die betroffenen Systeme können durchgängig digitalisiert und somit übergreifend vernetzt werden. Hierfür wird oftmals der Begriff »Digital Thread« verwendet, der die Kreislaufwirtschaftsstrategien (z.B. prädiktive Wartung, Wiederverwendbarkeit und Recycling) von Trägerraketen wiederum positiv beeinflussen kann.

Im Forschungsprojekt »POLAR« untersucht ein Forschungsteam des Fraunhofer IPK gemeinsam mit Mitarbeitenden der ArianeGroup am realen Beispiel der Trägerentwicklung und -produktion in Deutschland, wie gekoppelte informationsgebende Systeme angewendet und verbessert werden können. In einer ganzheitlichen Betrachtung der Wertschöpfungskette sollen dabei nicht nur die daten- und informationstechnischen Lösungselemente berücksichtigt, sondern auch die prozessualen und organisatorischen Implikationen bewertet werden. In diesem Zusammenhang soll die DMAIC-Methodik, der Kernprozess von Six Sigma, die produktlebenszyklusbasierte Datenflussarchitektur sinnvoll ergänzen. Die geplanten Arbeiten gliedern sich in drei Schwerpunkte:

1. IST-Analyse: Im Entwicklungs- und Produktionsumfeld wird die Orchestrierung von Prozessen, Organisationen, IT-Systemen und Modellen basierend auf den Ergebnissen des Datenflusses festgestellt und bewertet. Dafür werden sowohl bestehende als auch zukünftige Leistungsanforderungen berücksichtigt.

2. Performance-Bewertungssystem: Die anwenderkritischen Funktionen von zentralen IT-Systemen im Entwicklungsumfeld werden dargestellt. Ziel ist es, einen Prototyp bereitzustellen, der

sicherstellt, dass das Entwicklungsumfeld die Erwartungen kontinuierlich erfüllt.

3. Nachhaltigkeitsanalyse: Trends im Kontext der Akteure des Entwicklungsumfelds werden systematisch identifiziert und in Zukunftsszenarien erprobt, um notwendige Schlüsselfaktoren zu ermitteln.

Ingenieurinnen und Ingenieure sollen auf Grundlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse effizienter arbeiten. So lässt sich der komplexe Produktentstehungsprozess verkürzen, wodurch die Entwicklung klimaschonenderer Trägerraketenmodelle erheblich erleichtert wird. Zukünftige Forschungsprojekte sollen in diesem Sinne auch die Nutzung von klimaneutralen Energieträgern innerhalb des gesamten Produktlebenszyklus adressieren, so Thomas Kruschke, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPK: »Nur durch klimaneutrale Lösungen kann die Raumfahrt künftig dazu beitragen, die Pariser Klimaschutzziele zu erreichen und als Vorbild für andere Industriesektoren zu agieren.« ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

Thomas Kruschke | +49 30 39006-207
thomas.kruschke@ipk.fraunhofer.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ArianeGroup – Europas Schwelle zum Weltall

Als Weltmarktführer im Bereich Raumtransport bedient die ArianeGroup nicht nur institutionelle und kommerzielle Kunden, sondern ist auch Garant für Europas strategische Unabhängigkeit im All.

Als Europas Garant für einen unabhängigen und gesicherten Zugang zum Welt- raum ist die ArianeGroup Hauptauftrag- nehmer für die europäischen Ariane- Trägerraketen. Das Unternehmen betreut Trägerraketen über ihren gesamten Lebenszyklus – von der Konstruktion und Entwicklung über die Produktion bis hin zur Nutzung und Vermarktung durch das Tochterunternehmen Arianespace. Zudem fertigt und betreibt es mit der Ariane 5 die zuverlässigste kommerzielle Trägerrakete am Markt und entwickelt als Konstruktions- verantwortlicher die künftige Ariane 6.



Die ArianeGroup wurde von den Konzer- nen Airbus und Safran in dem Bestreben gegründet, die europäische Raumfahrt- industrie an die Spitze zu führen. Sie wird von den beiden Konzernen zu gleichen Teilen gehalten und bündelt all ihre Aktivi-

täten und Kompetenzen im Bereich ziviler und militärischer Trägerraketen. Die ArianeGroup besteht aus elf Tochtergesell- schaften und Mehrheitsbeteiligungen, in denen sie in Deutschland und Frankreich über 7 000 hochqualifizierte Mitarbeitende beschäftigt. Zwar wurde sie erst 2016 gegründet, doch reichen ihre Ursprünge 70 Jahre in die Geschichte der europäi- schen Raumfahrt zurück.

Durch diese breite europäische Aufstellung des Unternehmens liegt ein Schwerpunkt auf der Vereinfachung und Straffung der technischen Prozesse mithilfe der Ergeb- nisse langjähriger Forschungsarbeit sowie modernster Entwicklungstools und -ver- fahren, wie dem digitalen Modellierungs- tool für Simultaneous Engineering. Ergänzt wird dies durch neue, effizientere, wertschöp- fende Organisationskonzepte und Arbeits-

weisen. Deshalb liegt der Fokus des Unternehmens auch auf Fertigungstech- nologien und Digitalisierung: Durch den Einsatz von virtueller Realität wird der Wirkungsgrad der Produktions- stätten erhöht, die Entwicklung und spätere Fertigung wird durch den Einsatz von 3D-Druck beschleunigt und sämtliche Bereiche und Daten über

Bild:
Bei der ArianeGroup
kommen neueste
Entwicklungsmethoden
zum Einsatz.
© ArianeGroup Holding /
Master Image

den gesamten Lebenszyklus werden digitalisiert. Welche Schlüsselrolle Digita- lisierung als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung der Raumfahrtindustrie spielt, erfahren Sie im vorangegangenen Artikel. ♦

KONTAKT

ArianeGroup

www.ariane.group/de





© Pixel B/Shutterstock

Auf dem Trockenen

Der Einsatz von Kühlschmierstoffen ist in der Metallbearbeitung die Norm. Ein Team am IWF der TU Berlin sucht nach umweltschonenderen Alternativen.

Kühlschmierstoffe sind in der industriellen Metallbearbeitung weit verbreitet, und das mit gutem Grund. Durch ihre Kühl-, Schmier- und Spülwirkung erfüllen sie gleich drei wichtige Funktionen für effiziente und wirtschaftliche Bearbeitungsprozesse. Ihr Einsatz verringert den Werkzeugverschleiß, verbessert die Oberflächengüte und minimiert thermisch bedingte Fehler. Doch es gibt einen Haken: Die Schmierstoffe, häufig Flüssigkeiten auf Mineralölbasis oder Öl-Wasser-Emulsionen, haben eine extrem schlechte Ökobilanz.

Die negativen ökologischen Auswirkungen erstrecken sich dabei über den gesamten Lebenszyklus eines Kühlschmierstoffs, der mit der Gewinnung und Herstellung der notwendigen Komponenten wie fossiler Mineralöle und synthetischer Chemikalien beginnt. Diese werden unter Einsatz von Pumpen, Heiz- und Kühlaggregate für den Bearbeitungsprozess aufbereitet. Hat der Kühlschmierstoff seinen Zweck erfüllt, wird er in der Regel unter Freisetzung von Schadstoffen wie Stickoxiden, Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff oder Chlorwasserstoff verbrannt.

WENIGER IST MEHR

Durch die Minimierung von Kühlschmierstoffen oder sogar den Verzicht darauf können Fertigungsprozesse also wesentlich nachhaltiger gestaltet werden. In Zeiten

zunehmenden Umweltbewusstseins von Verbraucherinnen und Verbrauchern haben nicht zuletzt vorausschauende und verantwortungsbewusste Unternehmen hierin einen Wettbewerbsvorteil erkannt. Daher ist in den letzten Jahren ein Trend hin zu Trockenbearbeitungsprozessen sowie zu Zwischenschritten wie dem Einsatz von Minimalmengenschmierung, kurz MMS, zu beobachten. Letzterer wird bereits bei weit verbreiteten Verfahren

Durch die Minimierung von Kühlschmierstoffen können Fertigungsprozesse nachhaltiger gestaltet werden.

Bilder:**1**

Honwerkzeug
2 und 3
 Vergleich der
 Honsteinoberflächen
 nach dem Honen
 in einem Durchgang;
 2: ohne überlagerte
 Niederfrequenzschwin-
 gungen, die Kreise
 zeigen verstopftes Werk-
 stückmaterial;
 3: mit überlagerten
 Niederfrequenzschwin-
 gungen, die Kreise
 zeigen kaum
 verstopftes Werk-
 stückmaterial.



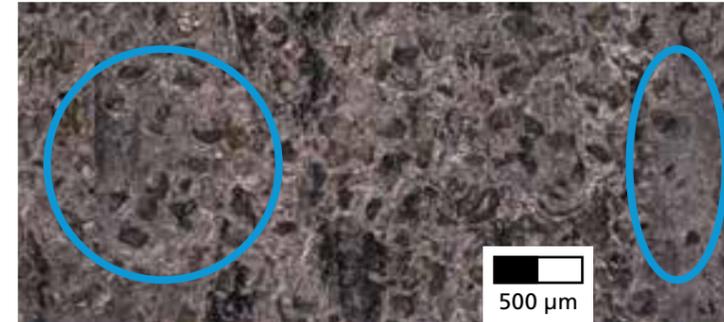
1

wie Fräsen und Drehen erfolgreich eingesetzt. Die MMS verbraucht für den gleichen Prozess nur wenige Milliliter Öl pro Stunde gegenüber den sonst hunderten oder sogar tausenden Litern von Kühlschmierstoff pro Minute.

Verfahren wie das konventionelle Honen scheinen jedoch aufgrund der Prozessmerkmale nicht für die trockene oder MMS-geführte Bearbeitung geeignet zu sein. Diese wesentlichen Prozessmerkmale sind die Verwendung eines mehrschneidigen, bohrungsfüllenden Werkzeugs bei einer flächigen Abtrennung von Material über eine große Kontaktfläche zwischen Honsteinen und Werkstück. Insbesondere das Ausspülen von abgetrenntem Material erfordert eine hohe Kühlschmierstoffzufuhr, um ein Zusetzen der Honbeläge und in der Folge einen erhöhten Werkzeugverschleiß oder Beschädigungen von Werkzeug und Werkstück zu vermeiden.

Bei Verfahren wie dem Honen, bei denen der Einsatz von Kühlschmierstoffen unentbehrlich anmutet, werden deshalb zunehmend neue ökologische, meist

pflanzliche Kühlschmierstoffe eingesetzt. Diese haben sowohl einen wesentlich geringeren ökologischen Fußabdruck bei der Herstellung und Entsorgung, als auch eine längere Lebensdauer als konventionelle Mittel. Auf den ersten Blick scheinen damit alle Möglichkeiten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen bei Prozessen wie dem Honen ausgeschöpft zu sein. Betrachtet man jedoch den bereits erwähnten vollständigen Lebenszyklus, lassen sich versteckte Potenziale finden. Vor allem der Energieaufwand für die Konditionierung des Kühlschmierstoffs, insbesondere das Aufheizen und Kühlen, ist eine oft unterschätzte Quelle von Treibhausgasemissionen. Ein durchschnittlicher Honprozess verbraucht beispielsweise 180–3 000 Liter Kühlschmierstoff pro Stunde. Dieser muss mit einem durchschnittlichen Energiebedarf von 30 Kilowatt gekühlt werden. In einem Werk zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen, in dem Honprozesse in großem Umfang eingesetzt werden, werden beispielsweise allein durch den Energieverbrauch für die Kühlung der Kühlschmierstoffe 33,54 Tonnen CO₂-Äquivalente ausgestoßen.



2



3

BESCHWINGTES HONEN

Ein wissenschaftliches Team am IWF der TU Berlin hat nun einen komplett neuen Ansatz erdacht, um beim Dornhonen eine kühlsmierstofffreie Bearbeitung zu realisieren. Die Forschenden konnten zeigen, dass sich durch die Überlagerung von niederfrequenten Schwingungen die Zusetzung des Honbelags durch abgetrenntes Material erheblich reduzieren lässt. Wie Projektleiter André Rozek erklärt, sinken die Prozesskräfte und -momente dadurch deutlich: »Dieser Effekt ist auf eine spezifische Variation der Kraftvektoren zurückzuführen, der beim Honen auf die eingesetzten Körner wirkt. Wir gehen davon aus, dass sich dieses Prinzip auch auf weitere gängige Honprozesse übertragen lässt.«

Die neue Verfahrensvariante trägt zur Lösung ökologischer Probleme bei, bringt aber auch neue Herausforderungen mit sich. Zwar setzt sich der Honbelag nicht mehr mit abgetrenntem Material zu; dafür werden aber die staubkorngroßen Späne nicht mehr im Kühlschmierstoff gebunden, welcher sie aus dem Bearbeitungsraum spült. Am IWF der TU Berlin ist daher ein neues Projekt mit zwei verschiedenen Ansätzen geplant, um neue Werkzeuge für das Trockenhonen zu entwickeln. Als erstes Konzept soll ein Honwerkzeug für den Einsatz einer MMS entwickelt werden, das ähnlich einem konventionellen Werkzeug interne Zuführkanäle besitzt, bei dem der Einsatz von Kühlschmierstoffen aber deutlich reduziert wird. Der zweite Ansatz verwendet Magnete zwischen den Honleisten, um das abgetrennte Material während des Trockenhonprozesses aufzufangen. Neben diesen konstruktiven Maßnahmen wird eine praktikable Erweiterung zur Steuerung der niederfrequenten Schwingungen implementiert. Mit der Entwicklung dieser neuen Werkzeuge hoffen die Forschenden dazu beizutragen, in Zukunft auch die letzten latenten Treibhausgasemissionen beim Honen einzusparen. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

André Rozek | +49 30 314-23140
 andre.rozek@iwf.tu-berlin.de

Die Forschenden
 hoffen dazu
 beizutragen, in
 Zukunft auch
 die letzten latenten
 Treibhausgas-
 emissionen beim
 Honen
 einzusparen.

Produktion am Zug

Bei der Deutschen Bahn produzieren wir Mobilität. Gerade wenn es um die CO₂-neutrale Produktion geht, lassen sich erstaunlich viele Parallelen zur Produktionsforschung am Fraunhofer IPK finden.

Ein Gastbeitrag von Dr.-Ing. Benjamin Graf, Senior Referent bei der Konzernleitung der Deutschen Bahn AG im Bereich Qualitätsprüfung und Exzellenzassessment

Auf den ersten Blick sind es zwei ganz unterschiedliche Themen: Die Produktion von Mobilität und die Produktion von materiellen Gütern. Aber die Vorgehensweisen zur CO₂-neutralen Wertschöpfung und zugehörige Erkenntnisse aus der Forschung finden sich auch bei der Produktion von Mobilität wieder.

Zunächst gilt es, den Ressourceneinsatz CO₂-neutral zu gestalten. Die Produktionsforschung lehrt hier ein genaues Verständnis des mit dem Materialeinsatz verbundenen CO₂-Aufwands. Und auch bei der Produktion von Mobilität gilt es, den Ressourceneinsatz entsprechend zu gestalten. Die wichtigste Ressource dabei ist die Energie. Die Deutsche Bahn setzt hierfür immer mehr Ökostrom ein. Der Fernverkehr fährt heute bereits mit 100 Prozent Ökostrom. Bis zum Jahr 2025 erfolgt die Umstellung aller stationären Anlagen, also der Bahnhöfe, Instandhaltungswerke und Bürogebäude. Und wie beim Materialeinsatz für die Produktion materieller Güter ist es entscheidend, stets ausreichend Ressourcen auch für eine steigende Nachfrage vorzuhalten. Um den größeren Bedarf nach Ökostrom zu decken, hat die DB vor Kurzem ihren ersten grenzüberschreitenden Ökostrom-Vertrag geschlossen. Ab 2023 wird mit Wasserkraft aus Norwegen eine jährliche CO₂-Einsparung von 146 000 Tonnen erreicht. Auch aus Deutschland wird der Ökostrom aus Wasserkraftwerken bezogen. Das Saalachkraftwerk in Bad Reichenhall wird dabei von DB Energie selbst betrieben. Weiterhin ist bei beiden Produktionszielen die Steigerung der Energieeffizienz entscheidend. Hierzu kommen in modernen Zügen Systeme zum Einsatz, die Bremsenergie zurückgewinnen und diese wieder in die Oberleitung einspeisen.

Eine Herausforderung für die CO₂-neutrale Wertschöpfung: Steigende Nachfrage erfordert die Skalierung bei laufender Produktion. Hierfür liefert das Qualitätsmanagement einen wichtigen Beitrag.

Verspätungen entstehen insbesondere an Stellen, in denen die vorhandene Infrastruktur stark ausgelastet ist oder die üblichen Kapazitäten auf der Strecke durch notwendige Bauarbeiten eingeschränkt sind. Im Themenfeld Qualitätsprüfung bei der Deutschen Bahn bewerten wir in präventiven Prüfungen die daraus entstehenden Risiken für den betrieblichen Ablauf. Anschließend leiten wir daraus Maßnahmen zur Risikominimierung ab. Dazu gehören beispielsweise die Stärkung der Rückfallebenen und der Robustheit der Infrastruktur auf Umleiterstrecken. In enger Zusammenarbeit im Systemverbund Bahn arbeiten wir an der Maßnahmenumsetzung. Ziel ist es, Mobilität für unsere Kunden in möglichst hoher Qualität bereitzustellen und dabei gleichzeitig unser Produktionssystem für die hohe Nachfrage nach CO₂-neutraler Mobilität zu skalieren.

Dr.-Ing. Benjamin Graf

... arbeitet seit 2020 bei der Konzernleitung der Deutschen Bahn AG im Bereich Qualitätsprüfung und Exzellenzassessment. Hier befasst er sich mit Baustellen, Pünktlichkeit und der Optimierung von betrieblichen Abläufen. Am Fraunhofer IPK promovierte Graf im Themenfeld des Auftragschweißens und leitete die Abteilung Füge- und Beschichtungstechnik. »Von den Erfahrungen aus der produktionsorientierten Forschung am Fraunhofer IPK profitiere ich stark bei meiner heutigen Tätigkeit zur Produktion von Mobilität. Stets gilt es, den Kundennutzen im Fokus zu haben und die technischen Lösungen darauf anzupassen.«



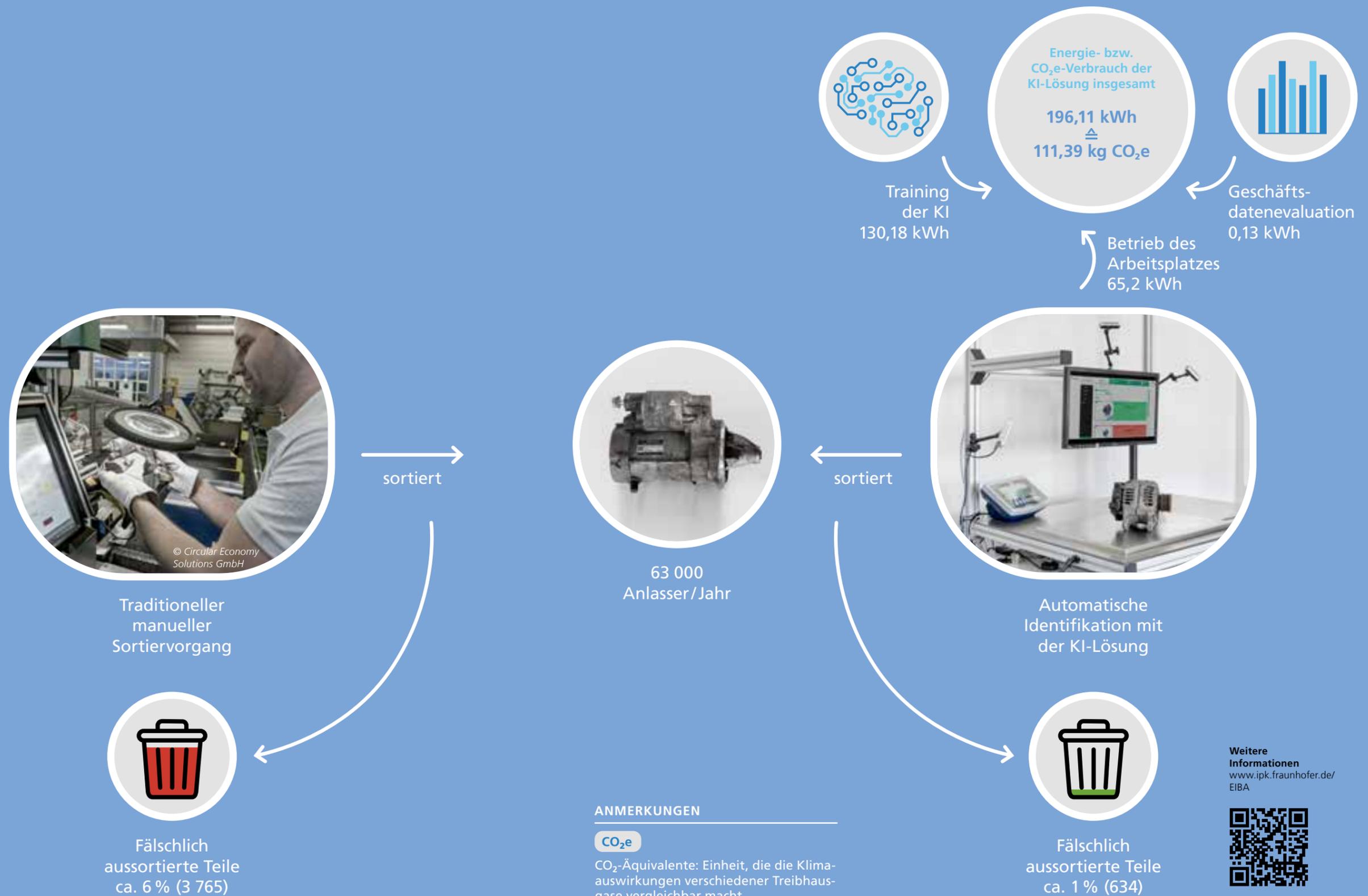
Maschinell trifft manuell

Ein KI-basiertes Assistenzsystem macht die Identifikation von Altteilen robuster und rentabler. Dadurch können mehr Teile instandgesetzt werden, anstatt sie neu zu produzieren. Anhand eines realen Rechenbeispiels mit Anlassern aus der Automobilindustrie zeigen wir, wie viel Emissionen dadurch eingespart werden können.

Bei Nutzung der im Projekt »EIBA« entwickelten automatischen Identifikationstechnologie wird nur ein Prozent der gebrauchten Anlasser fälschlicherweise aussortiert, im Vergleich zu circa sechs Prozent bei der manuellen Sortierung. So können fünf Prozent mehr Teile dem Remanufacturing zugeführt werden. Im Vergleich zur Neuproduktion beträgt die Emissionseinsparung pro instandgesetztem Bauteil 8,8 kg CO₂e. In unserer Beispielrechnung mit 63 000 sortierten Teilen pro Jahr kommen wir so auf insgesamt 27 558 kg CO₂e. Abzüglich der Emissionen, die beim Training und dem Betrieb anfallen, ergibt sich so eine

✓ **Netto-Ersparnis durch Einsatz der KI-Lösung von 27,5 Tonnen CO₂e pro Jahr.**

IHRE ANSPRECHPERSON
Marian Schlüter | +49 30 39006-199
 marian.schlueter@ipk.fraunhofer.de



ANMERKUNGEN

CO₂e

CO₂-Äquivalente: Einheit, die die Klimaauswirkungen verschiedener Treibhausgase vergleichbar macht

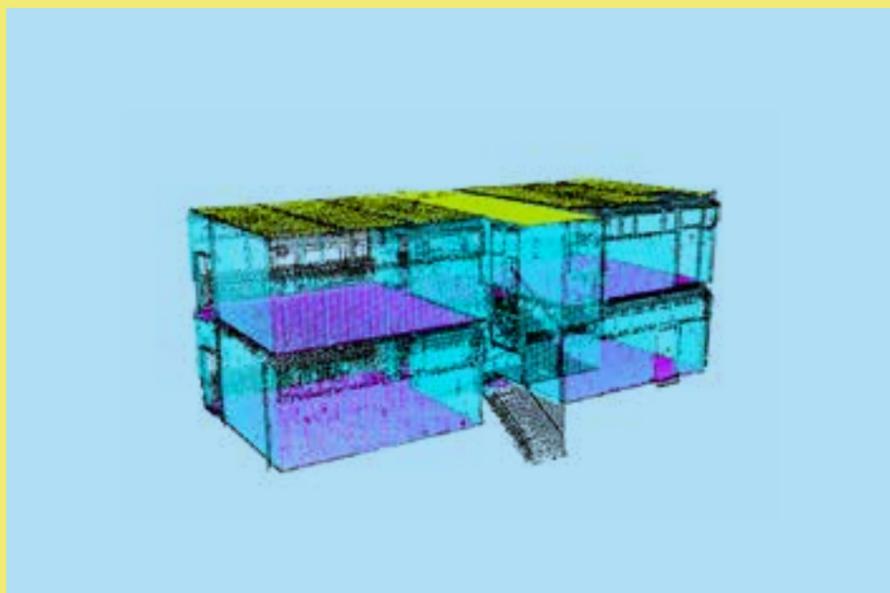
Energiemix

Für die Umrechnung von Energie- in CO₂-Verbrauch wurde der durchschnittliche deutsche Grid-Mix zugrunde gelegt: 0,568 kg CO₂e / kWh Strom

Weitere Informationen
www.ipk.fraunhofer.de/EIBA



Das Projekt »EIBA« wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms »ReziProK« mit dem Förderkennzeichen 033R226 gefördert.



Bestandsgebäude sind für ein Drittel aller deutschen CO₂-Emissionen verantwortlich. Um sie auf Grundlage von 3D-Modellen effizient zu sanieren, wird das Scangineering-Verfahren weiterentwickelt.

Gut gescannt ist halb saniert

Nie standen die Zeichen günstiger für energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden: Seit Februar 2022 können wieder Mittel aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) beantragt werden. Dass die neue Bundesregierung das so kurz nach Amtsantritt umgesetzt hat, hat seinen Grund: Die Sanierung von Bestandsgebäuden ist möglicherweise der Bereich, in dem das größte Einsparpotenzial für CO₂ besteht, denn fast ein Drittel aller deutschen Treibhausgasemissionen gehen auf diesen Sektor zurück.

LEICHTER GESAGT ALS GETAN

Neuartige virtuelle Technologien wie das sogenannte Building Information Modeling (BIM) unterstützen

heute Architekten und Bauingenieurinnen von Anfang an. Dabei werden Gebäude in Form digitaler 3D-Modelle virtuell geplant und aufgebaut. Während und nach der Bauphase kann anhand von Realdaten der Bauzustand validiert und gegen die Planungsdaten geprüft werden. Die dena (Deutsche Energie-Agentur), ein Think Tank der Bundesrepublik Deutschland und der KfW Bankengruppe, hielt 2017 bereits fest, dass dank BIM in einem Pilotvorhaben »die Sanierungskosten um knapp die Hälfte gesenkt werden« konnten.

Allerdings steht die BIM-Modellierung heute vor einer großen Herausforderung: Der Bestand muss virtuell abgebildet werden können, um von den oben genann-

ten Vorteilen zu profitieren. Der Gebäudebestand in Deutschland ist überwiegend älter als 40 Jahre und somit zu einer Zeit entworfen und gebaut worden, als dies noch vollständig auf Papier passierte. Digitale Daten zu solchen Gebäuden sind meist nicht verfügbar.

Die Übertragung der analogen Daten in virtuelle Formate muss in der Regel manuell von Fachpersonal durchgeführt werden. Doch auch die Baubranche ist vom allgemeinen Fachkräftemangel betroffen. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) kommt deshalb in den Handlungsempfehlungen zu seiner Studie »Klimapfade 2.0« zu dem Schluss: »Engpässe bei den Kapazitäten von handwerklichem Fachpersonal, Architektinnen und Architekten [...] stehen der dringend benötigten Sanierungswelle entgegen.«

Dies steht in Kontrast zu den dringend nötigen Maßnahmen, um die Europäischen Energie- und Klimaziele im Bausektor noch erreichen zu können: »Die energetische Gebäudesanierung muss sich verdoppeln«, so der BDI. Eine derartige Quote bei gleichzeitigem Fachkräftemangel zu erreichen wird nur möglich sein, wenn das Fachpersonal bei der Modellierung des Gebäudebestandes durch automatisierte Softwaretechnologien unterstützt wird. Forschende des Fraunhofer IPK haben sich deshalb mit dem Start-up pointreef zusammengesetzt, um ihre Technologie zum automatisierten Verarbeiten und Rückführen von Punktwolken in CAD-Modelle in ein marktfähiges Produkt für den Bausektor weiterzuentwickeln.

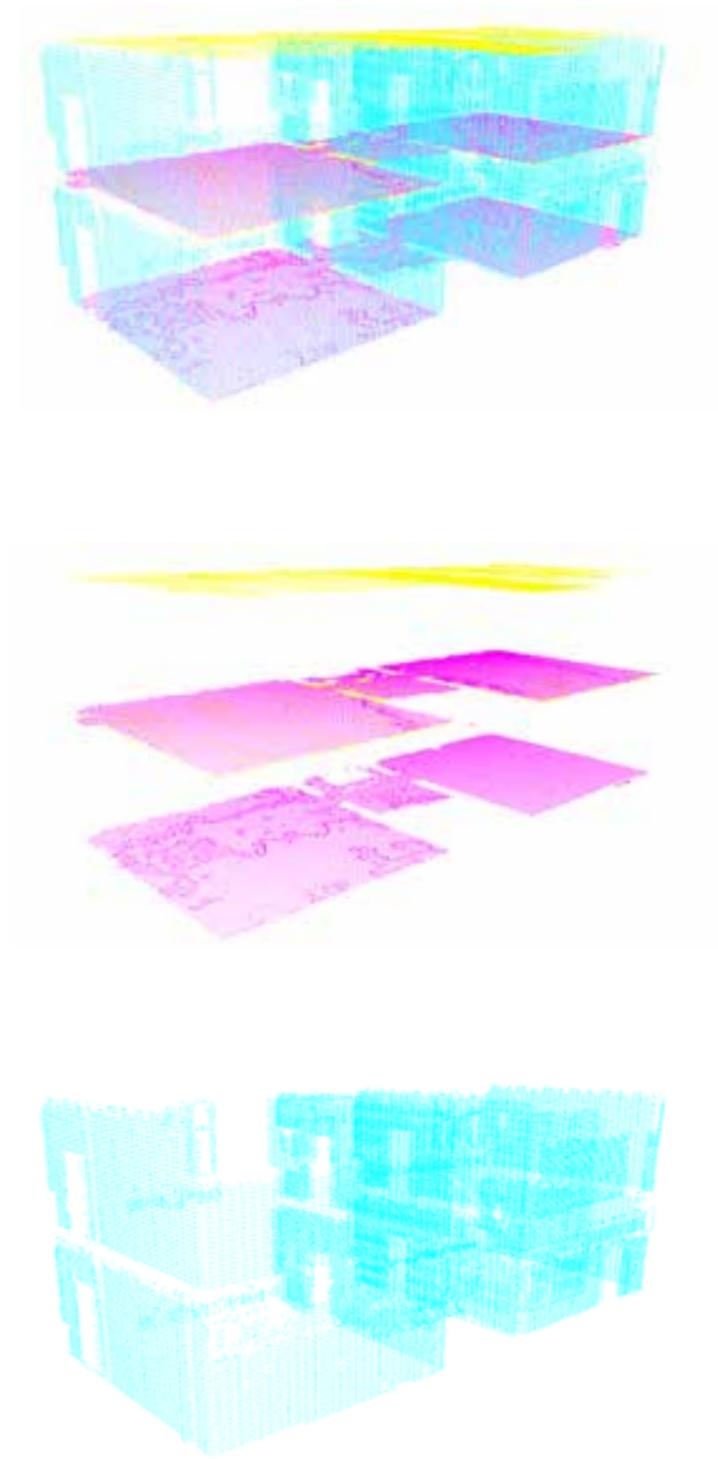
VON SCANGINEERING ZU ARGOS

Das Kollaborationsprojekt »ARGOS – Automatisiertes Rückführen von Gebäudemodellen aus optischen Scandaten« wird über das Fraunhofer-interne Förderprogramm AHEAD gefördert und basiert auf einem Softwareprototyp mit dem Namen Scangineering.

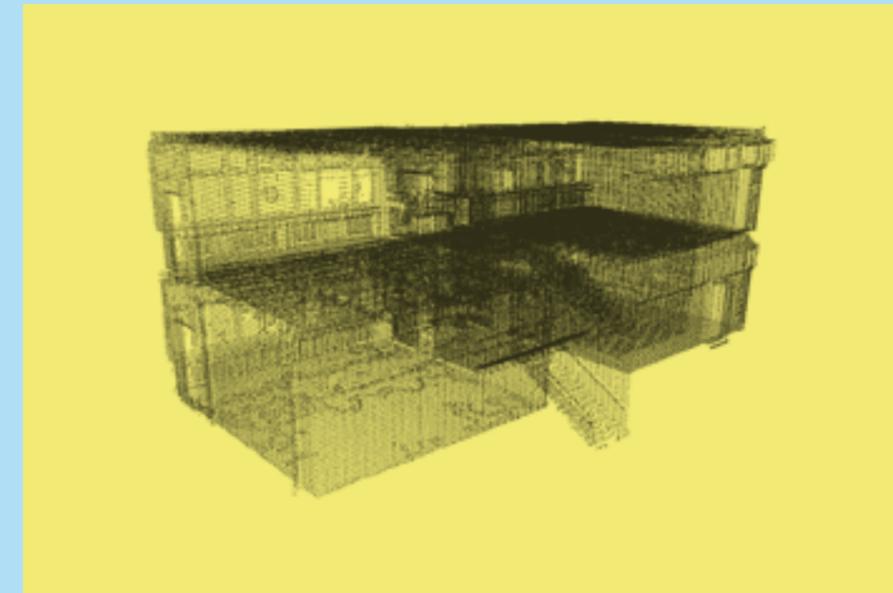
Dieser wurde ursprünglich entwickelt, um gegebene CAD-Modelle aus einer Baugruppe (»as-designed«-Zustand) anhand der zugrundeliegenden 3D-Scandaten (»as-built«-Zustand) zu repositionieren. Der ursprüngliche Anwendungsfall waren die inneren Strukturelemente eines Flugzeugs, in dem Teile wie Möbel (Sitze, Böden) und andere an der Flugzeugstruktur befestigte Komponenten demontiert wurden. Die realen Komponenten waren also anders platziert (»as built«) als ursprünglich virtuell geplant (»as designed«). Diese veränderte Position musste in die digitalen Modelle zurückgespiegelt werden. Die Scandaten lagen als tessellierte Punktwolke vor. Sie wiesen eine vergleichsweise schlechte Qualität auf, d. h. die Punktdichte war grob und Details, die kleiner als 10 mm waren, wurden nicht abgebildet. Rauschartefakte verzerrten die wahre Darstellung der Geometrie. Um eine Neupositionierung zu erreichen, nutzten die Forschenden eine Softwarearchitektur, die die modernsten Werkzeuge der Reverse Engineering-Prozesskette beherrscht.

Der Programmcode der Scangineering-Software basiert auf Open-Source-Quellen. Die optionalen Schnittstellen zu externen Software-APIs ermöglichen die Integration des Scangineering-Frameworks in bestehende Softwareumgebungen. Je nach technischem Anwendungsfall kann die Software entweder Open-Source-basiert oder in einer proprietären Software in einer geeigneten Programmiersprache implementiert werden. Für die Nutzung im Gebäudesektor werden beispielsweise Anbindungen an die in der Architektur weit verbreiteten proprietären Softwareprodukte Revit und ArchiCAD benötigt, die das gewünschte Frontend für den Endanwender darstellen.

Wie das Scangineering von Gebäuden in der Anwendung aussieht, zeigt die Entwicklungs-GUI des Prototyps. Die simple, funktionale Benutzeroberfläche



Bilder:
Anhand von Screenshots aus der Software lässt sich gut nachvollziehen, wie die 3D-Gebäude-scans später aussehen und wie sie in ihre Einzelteile zerlegt und klassifiziert werden können. Von oben nach unten sind zu sehen: der vollständige Datensatz, die Klassifizierung von Fußböden (violett) und Decken (gelb) sowie Wänden (türkis).



macht es möglich, alle benötigten Entwicklungs- und Testfunktionalitäten interaktiv anzusteuern. Operationen zur Datenmanipulation werden über die Buttons im oberen Bereich aufgerufen, daraufhin öffnen sich weitere Fenster zur Prozesssteuerung und Parametereingabe. Der Strukturbaum zeigt alle vorhandenen Entitäten an. Im zentralen Visualisierer werden 3D-Daten grafisch angezeigt. Weitere Fenster zur Textausgabe dienen der Anzeige von Prozessinformationen und Metadaten.

VON DER THEORIE IN DIE PRAXIS

Der einzigartige, hybride Ansatz im Projekt verbindet im Maschinenbau etablierte, auf Geometrieigenschaften basierende und neuartige Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI). Ganz im Sinne des Fraunhofer-Gründergeistes wollen die Erfinder von Scangineering nun mit dem ARGOS-Projekt ein Spin-off ausgründen. »Der Ansatz verspricht enorme Effizienzgewinne für unsere zukünftigen Kunden. Ein großer

Vorteil ist dabei, dass unser Partner bereits mit dem etablierten Start-up pointreef im Markt aktiv ist und wir daher auf einen existierenden Kundenstamm zurückgreifen können. Außerdem haben wir breiten Rückhalt am Fraunhofer IPK, das uns tatkräftig bei der geplanten Ausgründung unterstützt«, so Stephan Mönchinger, der das Projekt am Institut leitet.

Übrigens wird mythologisch Interessierten vielleicht bereits aufgefallen sein, dass die Forschenden bei der Namensgebung des Projekts eine Anspielung eingebaut haben: Argos ist in der griechischen Sagenwelt ein hundertäugiger Riese, der zu jeder Zeit in alle Richtungen gleichzeitig schauen konnte. Wenn das kein passender Name ist! ♦

IHRE ANSPRECHPERSON
Stephan Mönchinger | +49 30 39006-117
stephan.moenchinger@ipk.fraunhofer.de

Die Scangineering-Hardware wurde kofinanziert vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
Regionale Entwicklung



Was die Welt zusammenhält

Beim Schweißen zählt heute neben der Effizienz auch die Nachhaltigkeit. Durch Werkstoffauswahl, Leichtbau-Methoden und nicht zuletzt Industrie 4.0-Verfahren lässt sich beides steigern.

Ob Medizintechnik, Automobilindustrie oder Schiffbau, kaum eine Branche kommt ohne Schweißen aus. Mittlerweile werden viele metallische Bauteile additiv gefertigt – auch das ist ein schweißtechnisches Fertigungsverfahren. Dabei liegt der Fokus neben maximierter Effizienz auch auf dem Umweltschutz. Ressourcensparendes Produzieren, nachhaltige CO₂-Fußabdrücke

und recycelbare Langzeitlösungen werden aus allen Richtungen gefordert – inklusive von den produzierenden Unternehmen selbst. Zum Glück bietet gerade die Schweißtechnik viele Möglichkeiten, Prozesse auf mehr Klimaneutralität hin zu optimieren. Initiativen, die mittels Leichtbau-Methoden modernste hochfeste Stähle einsetzen und mit digitalen Ansätzen der Simulation

Fertigungsverfahren transformieren, sparen nicht nur Ressourcen, sondern auch Kosten.

DER WERKSTOFF MACHT DEN UNTERSCHIED

Beispielsweise gibt es in der Automobilbranche eine Vielfalt an Möglichkeiten, Schweißverfahren rentabler und nachhaltiger zu gestalten. Vor allem für Letzteres

gilt Elektromobilität als Schlüsselfaktor, da Elektrofahrzeuge verringerte CO₂-Emissionen im Produktlebenszyklus verursachen. Trotz starker Förderungen seitens der deutschen Politik sind lediglich 0,6 Prozent aller zugelassenen PKW elektrisch betrieben. Vor allem die hohen Anschaffungskosten halten Menschen davon ab, vom PKW aufs Elektrofahrzeug umzusteigen. Die

Entwicklung eines neuartigen Konzepts zur Produktion eines Batteriegehäuses komplett aus Stahl soll dazu beitragen, eine wirtschaftlichere und klimafreundlichere Alternative zum herkömmlichen Aluminiumgehäuse zu realisieren. Die Anforderungen an ein Batteriegehäuse sind hoch: Es muss Korrosionen standhalten und zudem eine hohe Crashesicherheit sowie

Dichtigkeit gewährleisten können. Ein Batteriegehäuse aus verzinktem Mehrphasenstahl wird diesen Anforderungen gerecht und bietet die Möglichkeit, die Produktionskosten zu reduzieren, die Performance zu optimieren und die CO₂-Bilanz zu verbessern. Um die außergewöhnlichen Werkstoffeigenschaften dieser Stähle in vollem Umfang nutzen zu

können, ist die Auswahl geeigneter Fügeverfahren erforderlich.

Forschende des Fraunhofer IPK arbeiten daran, die Prozesse für linienförmige Fügeverbindungen von Stahlbatteriegehäusen optimal nachhaltig zu gestalten. Dabei wird neben dem Laserstrahlschweißen auch das Laserstrahllöten als potenzielles Fügeverfahren in Betracht gezogen. Das Laserstrahl-löten, bei dem das Lot als Verbindungsmittel dient, wird insbesondere der Anforderung an eine hohe Gasdichtigkeit gerecht. Die beiden Laserstrahlfügeverfahren zeigen neben den prozesstechnischen Vorteilen auch ein hohes Potenzial hinsichtlich der Anforderungen an einen klimafreundlichen Produktionsprozess. Welche Auswirkungen Schweißverfahren auf die Umwelt haben, ist bisher nur wenig erforscht worden. Das macht es produzierenden Unternehmen schwer, im Entstehungsprozess eines Produkts Überlegungen zum Umweltschutz zu berücksichtigen. Zur Bewertung des Prozesses wird eine sogenannte Lebenszyklusanalyse auf die Fertigungsverfahren angewendet.

Die Lebenszyklusanalyse liefert wichtige Rückschlüsse über die Umweltauswirkungen eines Produkts oder Prozesses. So können nützliche Hinweise für eine Vielzahl von Entscheidungsprozessen ermittelt werden. Kernelement dieser Ökobilanzierung ist die Sachbilanzierung. In ihr werden alle relevanten Inputs und Outputs erfasst, die sich auf das System »Schweißprozess« beziehen. Aus den akkumulierten Werten wird die Umweltwirkung des Verfahrens anhand von Kategorien wie beispielweise CO₂-Äquivalent, Versauerungspotenzial oder Photooxidantien abgeleitet.

Interessant und wirklich praxisrelevant wird es, wenn man verschiedene Schweißverfahren im Hinblick auf ihre Umweltschädlichkeit miteinander vergleichen will. Dabei stellt sich oft heraus, dass zwei Input-Faktoren besonders großen Einfluss auf die Ökobilanz



1

**Bild:
1 und 2**
Laserstrahl-löten (links) und Laserstrahl-schweißen (rechts) von Automobilblechen, genauer: eines Batterie-kastens

eines Verfahrens haben: der Bedarf an Zusatzwerkstoff und an Energie. Dank dieser Erkenntnis konnten die Forschenden die zu erfassenden Einflussgrößen auf diese beiden Faktoren begrenzen. In der Praxis reduziert sich dadurch der Aufwand für Unternehmen, die eine Ökobilanzierung ihrer Schweißverfahren vornehmen wollen.

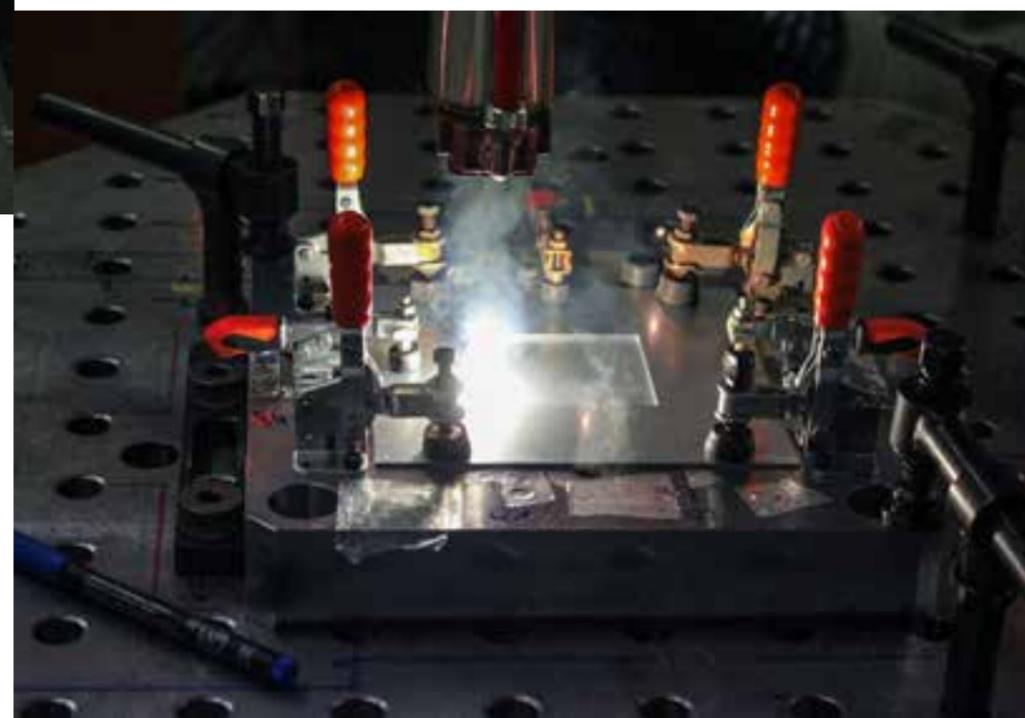
Im direkten Vergleich weisen Stahl- und Aluminiumgehäuse in der Nutzung ähnliche CO₂-Emissionen auf. Allerdings lassen sich in der Produktion von Stahlbatteriegehäusen bis

zu zwei Drittel an Treibhausgasemissionen einsparen. Zusätzlich können stahlbasierte Batteriegehäuse quasi endlos recycelt werden.

STAHL GOES DIGITAL

Weiterhin kann der CO₂-Fußabdruck durch Ansätze aus dem Leichtbau aktiv verringert werden. Hierbei kommt es in der Automobilbranche vermehrt zum Einsatz hochfester und höchstfester Dual- und Complexphasenstähle. Durch die hohe Festigkeit können diese Stähle für die gleiche Crashesicherheit wie konventionelle Stahlbauweisen sorgen,

Stahlbasierte Batteriegehäuse können quasi endlos recycelt werden.



2

während gleichzeitig weniger Material eingesetzt werden muss. Ein Beispiel für solche Bauweisen sind sogenannte Tailor Welded Blanks (TWB): Halbzeuge, in denen verschiedene feste Stähle miteinander verschweißt sind. Sie sorgen für unterschiedliche Festigkeitszonen in einem Bauteil. Dadurch muss hochwertiges Material nur an der crashrelevanten Stelle, wie beispielsweise der B-Säule, eingesetzt

werden. Bei einer Produktion von zwei Millionen Fahrzeugen pro Jahr lassen sich in der Herstellung ca. 32 000 Tonnen CO₂ einsparen, wenn TWB verbaut werden. Eine zusätzliche Einsparung wird durch die Gewichtsreduzierung erreicht. Insgesamt kann von einem Einsparpotenzial von 85 000 Tonnen CO₂ pro Jahr ausgegangen werden. Die maßgeschneiderten Einzelbleche der TWB werden mittels Laserstrahl-

schweißen gefügt und anschließend durch Tiefziehen in die finale Form gebracht. Dies stellt für hohe Festigkeitsklassen (> 1 000 MPa) derzeit noch eine Herausforderung dar. Die Bereiche in und um die Schweißnaht sind besonders rissgefährdet. Dort kommt es zu Veränderungen der Härte durch den hohen Wärmeeintrag beim Schweißen.

Industrie 4.0 ist längst im Schweißsektor angekommen. Schweißstromquellen sind digitalisiert und in moderne Anlagen sind Computer und Mikroprozessoren eingebunden, die mit anderen Geräten kommunizieren können. Dadurch ist die Grundlage für die »Smart Production« gegeben. Die intelligente Peripherie der Schweißanlagen macht es möglich, Anwendungen und Prozesse stetig weiter zu verbessern und zu optimieren. Die Anwendung der Schweißstruktursimulation erweitert den Spielraum für optimierte Produktentstehungsprozesse. Als Output sind diverse Ergebnisparameter auslesbar: Verzug, Eigenspannungen, Temperaturverläufe und Phasenumwandlungen.

Die digitalen Methoden verhelfen Unternehmen nicht nur dazu Ressourcen einzusparen, sondern den CO₂-Fußabdruck der gesamten Prozesskette zu verringern. So können sie mithilfe der Erkenntnisse aus der Simulation, der Ökobilanzierung und dem detaillierten Prozessverständnis ganze Prozessketten als Digitalen Zwilling abbilden und analysieren. Auf diese Weise wird der aufwendige Prototypenbau auf ein Minimum reduziert und die Produktentstehung bereits vor dem ersten Schweißen digital optimiert. ♦

IHRE ANSPRECHPERSONEN

Christian Brunner-Schwer

+49 30 39006-399
christian.brunner-schwer@ipk.fraunhofer.de

Josefine Lemke

+49 30 39006-307
josefine.lemke@ipk.fraunhofer.de

Je früher, desto besser

Digitale Zwillinge helfen dabei, den CO₂-Fußabdruck von Produkten entlang des Lebenszyklus zu verfolgen und langfristig zu reduzieren. Sie zeigen: Der wichtigste Hebel für Emissionseinsparungen ist ganz zu Anfang.

Die Einflussmöglichkeiten auf den CO₂-Fußabdruck nehmen entlang des Produktlebenszyklus ab. Vorausschauende Unternehmen kalkulieren deshalb bereits bei der Produktentwicklung zukünftige Umweltwirkungen ein.

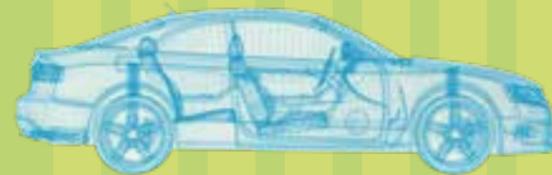
Im Englischen gibt es ein Sprichwort: Wenn alles, was man hat, ein Hammer ist, sieht alles wie ein Nagel aus. Sprich: Beim Beurteilen und Lösen von Problemen kommt es immer auf die eigene Perspektive an – das gilt es auch in der Wissenschaft zu berücksichtigen. Wenn Forschende in der Produktionswissenschaft also überlegen, wie man Einfluss auf die Nachhaltigkeit eines Produkts nehmen kann, müssen sie über den naturgemäßen Tellerrand des reinen Produktionskontexts hinausblicken. Genau das tun Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Fraunhofer IPK, indem

sie Nachhaltigkeitsindikatoren wie beispielsweise den CO₂-Fußabdruck über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts beobachten.

IM GESAMTEN LEBENSZYKLUS DENKEN

Von der Rohmaterial-Beschaffung bis zu Entsorgung, Wiederverwendung, Wiederaufbereitung oder Recycling – überall können Emissionsdaten erfasst und ausgewertet werden. Aus diesen Daten lässt sich ableiten, an welchen Stellen im Produktlebenszyklus die Möglichkeit besteht, Einfluss auf die CO₂-Bilanz eines Produkts

Ab dem Zeitpunkt der Materialbeschaffung steigt der messbare Impact in Form des CO₂-Fußabdrucks rapide an.



Strategie und Entwicklung



Beschaffung und Produktion



Nutzung und Wartung



Demontage, Recycling und Entsorgung



sierte und genormte Vorgehensweise zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten anhand verschiedener Wirkkategorien gemäß ISO-Norm 14044. Dabei werden alle Stoff- und Energieströme im Produktlebenszyklus erfasst und in Indikatoren vereinheitlicht, beispielsweise in CO₂-Äquivalenten. Für jedes individuelle Produkt entsteht so ein umfangreicher Datendfundus, der sinnvoll abgespeichert und ausgewertet werden muss – und hier kommt der Digitale Zwilling ins Spiel.

DIGITALE ZWILLINGE FÜR NACHHALTIGKEIT

Digitale Zwillinge liefern produktindividuelle Erkenntnisse, beispielsweise in Form eines CO₂-Fußabdrucks, anhand derer nachvollziehbar ist, wie nachhaltig das jeweilige Produkt ist. So unterstützen sie Produktentwickler bei Entscheidungen während der Auslegung des Produkts und Produktionsplanerinnen und -planer bei der Gestaltung der Produktionsprozesse. Im Bereich After Sales oder bei der Wartung der Systeme helfen sie beim Monitoring und zeigen mögliche Optimierungsmaßnahmen auf. Am Ende des Produktlebens

Digitale Zwillinge liefern produktindividuelle Erkenntnisse.

stellen sie produktspezifische Informationen zu dessen Demontage und Verwertungspotenzialen zur Verfügung und tragen so zu Wiederverwendung, Remanufacturing oder Recycling bei. Digitale Zwillinge können sogar mithilfe von geeigneter Datenanalytik auch selbst Entscheidungen treffen – sozusagen als autonome Digitale Zwillinge. Forschende am Fraunhofer IPK machen das ökologische Potenzial Digitaler Zwillinge für die Industrie nutzbar. Dafür haben sie ein konkretes Konzept erarbeitet, inklusive der Systemmodelle, der benötigten Infrastruktur, Informationslogistik und Entwicklungsmethodik: den »Digitalen Zwilling für Nachhaltigkeit«.

Während eines Produktlebens werden hierzu mehrmals die zentralen Schritte der Datensammlung und Bewertung einer Ökobilanz durchlaufen. Dabei wird zwischen drei zentralen Schritten unterschieden: der frühen Ökobilanzierung während der Planungsphase, der »Plan-LCA« (A) sowie der regelmäßigen Aktualisierung auf Basis von Betriebsdaten »Live-LCA« (B) sowie dem Abgleich dieser beiden als Kernfunktion des Digitalen Zwillings (C). Diese

zu nehmen. So zeigt sich, dass schon lange vor der Fertigung besonders wichtige Entscheidungen fallen. Über Klimafreundlichkeit und Kreislaufwirtschaftsfähigkeit eines Produkts – und alles, was zu dessen Ökosystem dazu gehört – bestimmen zum Beispiel:

1. die optimale Gestaltung des Produkts selbst.

Dazu gehören

- ein Produktdesign mit dem Ziel eines geringen CO₂-Fußabdrucks in der Nutzungsphase (beispielsweise durch effiziente Antriebsarten von Motoren),
- die Wahl von Materialien, die einen geringen CO₂-Fußabdruck bei Materialbeschaffung und benötigten Transportwegen, Produktionsprozessen, Recycling und Entsorgung sowie eine lange Lebensdauer gewährleisten, und
- die Optimierung der Geometrie und Fügearten des Produkts, um Reparaturen, Demontage und Wiederverwendung zu vereinfachen und somit Kreislaufwirtschaftsstrategien zu ermöglichen.

2. die Planung der Herstellung des Produkts in Form von ressourceneffizienten Produktionsstrategien, Intralogistik-Technologien und Fertigungsprozessen sowie der eingesetzten Maschinen und Anlagen – aber auch die Planung energieeffizienter produktionsbegleitender Prozesse, beispielsweise zur Beleuchtung, Wärme, Belüftung oder Abluft. In der Produktion selbst lassen sich Verbesserungspotenziale heben, indem Maschinen und Anlagen optimal gesteuert und energieeffizient betrieben werden. Produktentwicklerinnen und -entwickler nutzen die Informationen, die in der Produktion und im weiteren Lebenszyklus erfasst werden, um langfristig nachfolgende Produktgenerationen anzupassen und auf ihre CO₂-Bilanz hin zu optimieren (Feedback to Design).

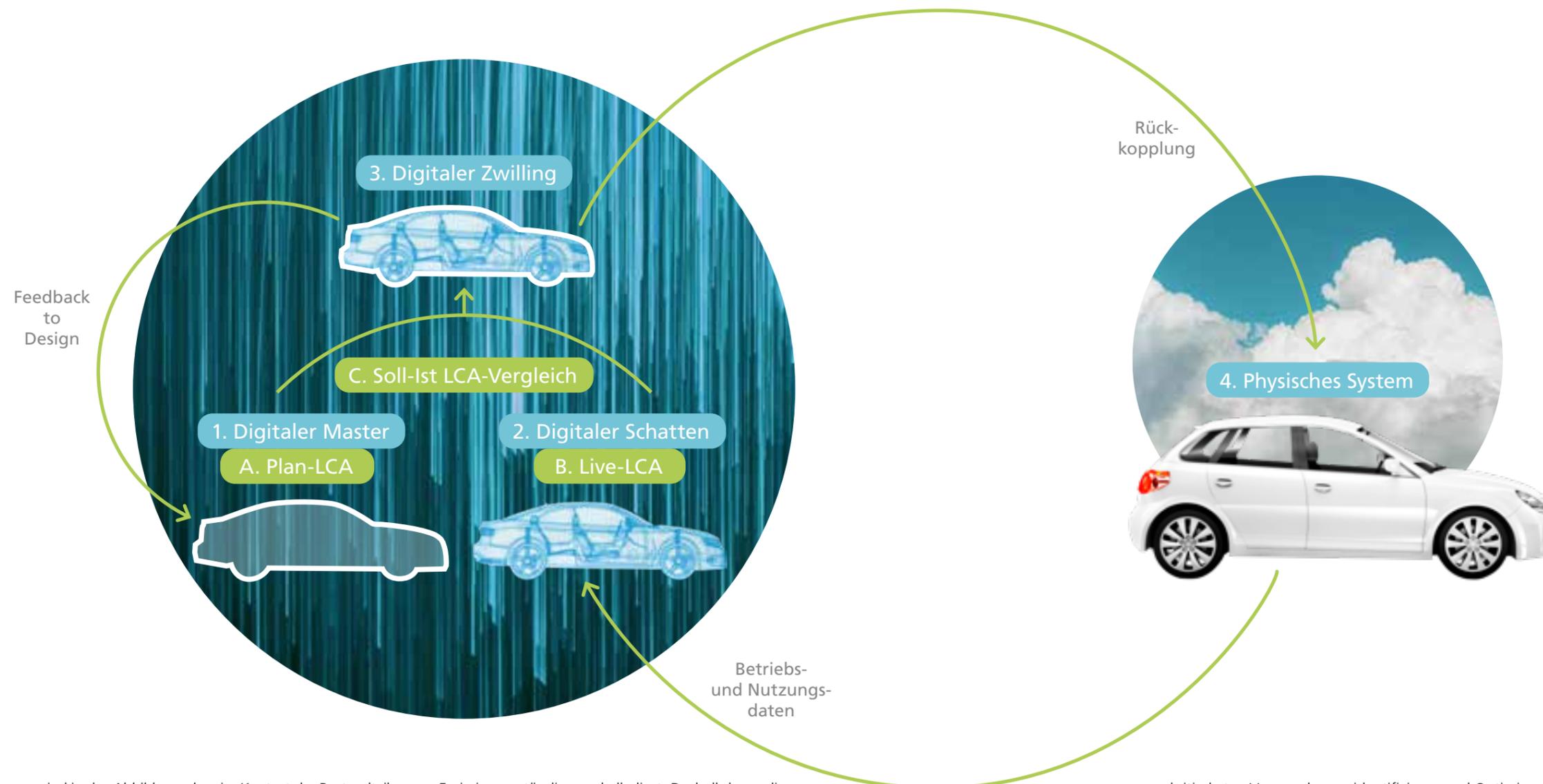
Wie gelangt man nun von den Produkt- und Produktionsdaten zum CO₂-Fußabdruck? Die Methode der Ökobilanz liefert in diesem Kontext eine standardi-

Bild:
Mithilfe von Daten aus dem gesamten Lebenszyklus können Entwicklerinnen und Entwickler Produkte unter anderem auf ihre CO₂-Bilanz hin optimieren.

DEFINITION

Ein Digitaler Zwilling ist eine digitale Repräsentanz eines aktiven einzigartigen Produkts – reales Gerät, Objekt, Maschine, Service oder immaterielles Asset – oder aber auch Produkt-Service-Systems, also eines Systems, das aus einem Produkt und einem zugehörigen Service besteht. Der Digitale Zwilling bildet dessen ausgewählte Merkmale, Eigenschaften, Bedingungen und Verhaltensweisen mittels ...

... Modellen, Informationen und Daten ab, und zwar innerhalb einer einzigen Lebenszyklusphase oder auch über mehrere hinweg. Dabei werden Planungsdaten (Digitaler Master) mit den Betriebsdaten oder Nutzungsdaten (Digitaler Schatten) verlinkt und darauf basierend Datenanalytik umgesetzt, digitale Services angeboten oder bestimmte Indikatoren je nach Anwendungsfall optimiert.



sind in der *Abbildung oben* im Kontext der Bestandteile des Digitalen Zwillings dargestellt.

A. Bereits während der Entwicklungsphase wird für verschiedene Varianten des Produktdesigns und entsprechende Prozessalternativen eine erste Ökobilanzierung basierend auf Annahmen und Plandaten (»Plan-LCA«) durchgeführt. Diese LCA-Ergebnisse werden im sogenannten **Digitalen Master (1)**, der für mehrere Produktinstanzen derselbe sein kann, hinterlegt.

B. Sobald die Herstellungsphase beginnt, erzeugt das Produkt einen individuellen CO₂-Fußabdruck – dieser wird nun über alle Phasen des Produktlebens als **Digitaler Schatten (2)** erfasst. Auch werden für alle beschafften Teile von den Zulieferern Daten gesammelt, um einen möglichst akkuraten CO₂-Fußabdruck zu ermitteln. Dieser wird während der Produktion anhand von Energie- und Ressourcenverbrauchsdaten sowie

Emissionen ständig neu kalkuliert. Deshalb kann dieser Digitale Schatten auch als Ist-Ökobilanz oder bei sehr echtzeitnahen Daten als »Live-Ökobilanz« bzw. »Live-LCA« bezeichnet werden. Über eine eindeutige Identifikationsnummer des Digitalen Zwillings werden diese Daten miteinander vernetzt und über den Lebenszyklus rückverfolgbar gemacht. Je nach Anwendungsfall wird der CO₂-Fußabdruck zu bestimmten festgelegten Zeitpunkten oder fortlaufend aktualisiert und für jede individuelle Produktinstanz – oder auch für eine Produktgruppe oder -flotte – berechnet und abgespeichert.

C. Um nicht nur einen realistischen CO₂-Fußabdruck für die Nachweisführung zu berechnen, sondern diesen auch effektiv senken zu können, werden Digitaler Master und Schatten im Kern des **Digitalen Zwillings (3)** intelligent verknüpft. Auf diese Weise werden die Abweichungen im Vergleich zum Plan automatisch erkannt und Auswertungen durchgeführt, um die

kritischsten Verursacher zu identifizieren und Optimierungsmaßnahmen abzuleiten. Aus der Auswertung im Digitalen Zwilling können auch Steuerungsbefehle über eine direkte Rückkopplung zum **physischen System (4)** ausgeleitet werden, um beispielsweise das Produktverhalten hinsichtlich der CO₂-Emissionen zu optimieren.

Wie das konkret aussehen kann, zeigt das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt »BioFusion 4.0«. Dort wird ein Digitaler Zwilling mit integrierter LCA am Beispiel einer Automotive-Komponente – dem Ventilgehäuse, welches am Mercedes-Benz Werk Berlin gefertigt wird, umgesetzt. Für die Komponente wird der CO₂-Fußabdruck ab der Beschaffung bis zur Produktionsphase erfasst und im Digitalen Zwilling abgelegt. Implementiert wird das Ganze durch das Fraunhofer IPK gemeinsam mit den Technologiepartnern CONTACT Software und Green Delta.

In einer 2020 veröffentlichten Studie des Fraunhofer IPK zum Thema Digitale Zwillinge sahen 63 % der befragten Unternehmen ein sehr hohes Potenzial, dass Digitale Zwillinge in Zukunft für die Nachhaltigkeitsbewertung eingesetzt werden.



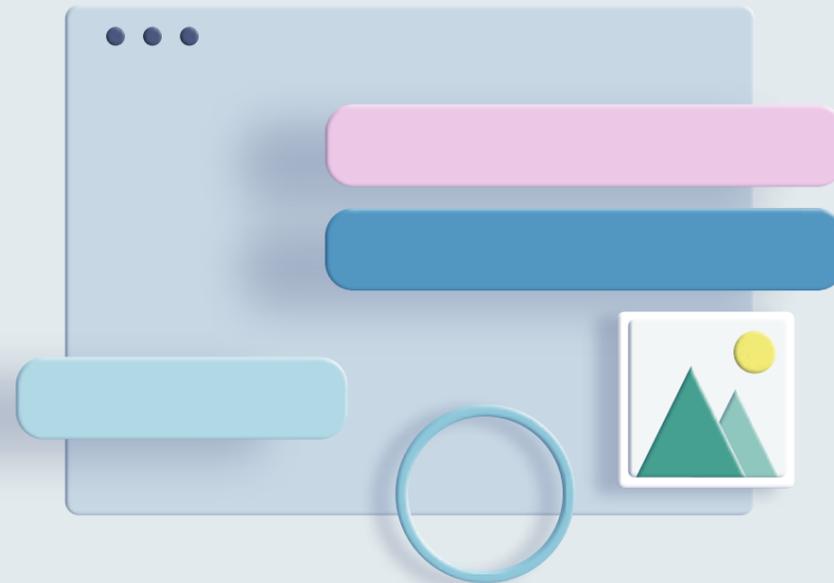
Weitere Informationen
www.ipk.fraunhofer.de/
readiness

Wird die betrachtete Komponente anschließend in einem Auto verbaut, kann ihr CO₂-Fußabdruck als ein Baustein des Gesamtfußabdrucks des Fahrzeugs betrachtet werden. Wie Digitale Zwillinge auf Fahrzeugebene gestaltet werden können, untersuchen unter anderem BMW, ZF Friedrichshafen, BASF, Henkel und LRP – Autorecycling Leipzig im Rahmen des großen Forschungsprojekts »Catena-X«. Forschende des Fraunhofer IPK beteiligen sich an der Gestaltung des Digitalen Zwillings für die Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien wie Reuse, Recover, Remanufacturing oder Recycling: Die dazu benötigte Architektur, Services und Datenmodelle werden in der automobilen Wertschöpfungskette erforscht und implementiert. Dabei steht hier jedoch explizit der unternehmensübergreifende Datenaustausch – Gaia-X-konform – im Fokus. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

Theresa Riedelsheimer | +49 30 39006-219
theresa.riedelsheimer@ipk.fraunhofer.de

Was die Industrie von der Natur lernen kann



Die Mitglieder dieser Gesprächsrunde arbeiten im Großprojekt »BioFusion 4.0« gemeinsam mit weiteren Partnern – darunter Forschungsinstitutionen, Konzerne und Start-ups – an der biologischen Transformation der Industrie. Wie in dem Projekt Umweltwirkungen operationalisiert und gemessen werden und wie man Menschen für das Thema sensibilisieren kann, darüber unterhalten sie sich im Expertengespräch der FUTUR.*

* Basiert auf der Podiumsdiskussion im Rahmen der Kick off-Veranstaltung zum Projekt »BioFusion 4.0«.



| futur | **Dr. Ciroth, wie misst man Nachhaltigkeit in der Produktion?**

/ CIROTH / In diesem Projekt wenden wir eine Methode an, die sich Ökobilanzierung nennt. Diese ist weltweit als Referenzmethode akzeptiert, um Umwelteinflüsse von Produkten über den sogenannten Lebensweg zu erfassen, also von der Ressourcenextraktion und Produktion über die Nutzungsphase bis zu Entsorgung oder Recycling. Überall werden Daten gesammelt, um verschiedene Umweltauswirkungen der einzelnen Phasen neutral und objektiv zu bewerten. Das Projekt

»BioFusion 4.0« ist für uns sehr interessant, weil Biotransformation ein bunter Strauß von verschiedenen Methoden und Maßnahmen für die einzelnen Phasen ist. Unsere Aufgabe ist es dann zu schauen, welche davon tatsächlich besser für die Umwelt sind, also zum Beispiel weniger Treibhausgase emittieren.

| futur | **Sie werfen also die Frage auf, ob die biologische Transformation per se gut für die Umwelt ist. Frau Riedelsheimer, am Fraunhofer IPK erforschen Sie und Ihr Team den Transfer von der**

Wissenschaft in die Industrie. Was können Sie uns zu dieser für Unternehmen sehr relevanten Frage sagen?

/ RIEDELSHEIMER / Es gibt im Bereich Nachhaltigkeitsbewertung sehr viel Vorarbeit theoretischer Natur und viele Forschungsergebnisse. Aber auch zahlreiche Aspekte, die wir forschungsseitig alleine nicht klären können. Deswegen ist ein Projekt wie »BioFusion 4.0« so wichtig. Wir brauchen die Anwenderseite mit Problemstellungen und Anforderungen aus der industriellen Fertigung, um zu zeigen, wie man komplexe biologische Prinzipien so

übertragen kann, dass sie wirklich tragen. Hier gibt es noch viele ungeklärte Forschungsfragen, auch zu deren Umweltwirkungen. Denn wie Herr Ciroth bereits angedeutet hat, sind biologische Prinzipien nicht per se nachhaltig. Am Fraunhofer IPK erforschen wir deshalb, wie Technologien aus der Produktionstechnik mit Prinzipien aus der Natur und mit Nachhaltigkeitsaspekten vereint werden können. Dabei betrachten wir beispielsweise Mensch-Roboter-Kollaboration, 3D-Druck mit biogenen Polymeren, aber auch digitale Lösungen wie Digitale Zwillinge. Gerade hier stellt sich die Frage: Was verändert sich durch die biologische Transformation, wenn sich Produkte und Prozesse, aber auch Arbeitsweisen ändern und welche konkreten Potenziale ergeben sich in der Anwendung – das können wir auch nicht alleine aus der Forschung beantworten.

| futur | **Stichwort Arbeitsweisen: Diese sind im Konsortium die Expertise von Dr. Harms von 5thIndustry. Was können wir organisatorisch von biologischen Prinzipien lernen?**



Dr. Robert Harms

Mitgründer von 5thIndustry GmbH

/ HARMS / Wenn man für die traditionelle Organisationsführung das Bild von einem Orchester mit Dirigenten zeichnet, müssen wir heute eher in Richtung Free Jazz denken. Wir bauen eine Bühne, auf der die Band spielen kann. Dieses System hoher Freiheitsgrade ähnelt einer »natürlichen« ökologischen Situation – was erklärt, warum biologische Prinzipien wie Emergenz, Selbstorganisation und Evolution heute wichtig sind für gelingende Unternehmensführung. Wie können IT-technische und organisatorische Infrastrukturen aussehen und wie passen sie zusammen? Brauche ich heute diesen oder jenen Wertschöpfungsprozess, dieses oder jenes Geschäftsmodell? Das muss ich als Unternehmen schnell ändern und anpassen können. Außerdem braucht man ein paar Strukturen, die dabei helfen, mit anderen, teilweise unbekanntem Akteuren zusammenzuarbeiten. Wie beim Free Jazz: Wie kommuniziere ich, dass du jetzt dran bist mit dem Einsatz? Das alles organisatorisch und IT-seitig zusammenzubringen, ist unser Forschungsfeld.

»Wenn man für die traditionelle Organisationsführung das Bild von einem Orchester mit Dirigenten zeichnet, müssen wir heute eher in Richtung Free Jazz denken.«

Dr. Robert Harms

| futur | **Das Projekt »BioFusion 4.0« scheint ja auch unheimlich in die Zeit von Fridays for Future und Co. zu passen. Trotzdem ist »biologische Transformation« vielen noch kein Begriff. Wie wollen Sie Ihr Thema unter die Menschen bringen?**

/ RIEDELSHEIMER / Wir betonen, dass unsere Arbeit auf dem Prinzip des Einklangs mit der Natur beruht. Wir wissen ja alle, dass wir schon sehr spät dran sind, um die Natur, also unseren Planeten, noch mitzunehmen und zu schonen. Über diese Argumentationsschiene holt man deshalb sehr viele Leute ab. Wir fangen nicht bei null an, die Gesellschaft ist für das Thema auf jeden Fall offen. Vor allem wenn wir in der Anwendung beweisen, dass unsere Lösungen nicht nur innovativ, sondern auch nachhaltig sind.

| futur | **Dass der Klimaschutz auch politisch ganz oben angekommen ist, zeigt sich daran, dass er unter der aktuellen Bundesregierung im Wirtschaftsministerium verortet und sogar namensgebend ist. Welche Rolle spielen wirtschaftliche und politische Überlegungen für »BioFusion 4.0«?**

/ RIEDELSHEIMER / Natürlich sind Regularien und Gesetze ein wichtiger Faktor. Wir können nicht alle Probleme technologisch lösen, sondern es ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Gesetze sind dabei wichtige Treiber, das Lieferkettengesetz zum Beispiel. Natürlich fördert so etwas die Investitionen in sozialverträgliche Lösungen und umweltfreundliche Technologien und Firmen.

/ CIROTH / Der Green Deal der Europäischen Kommission hat in diesem Bereich Enormes bewegt. Auch unabhängig von wirtschaftlichen Überlegungen investiert heute jede Firma, die etwas auf sich hält, in Klimaschutz. Insofern kann Politik tatsächlich viel bewirken.

| futur | **Lassen Sie uns den Blick in die Zukunft richten. Wo sehen Sie sich in drei Jahren? Denn so lange ist das Forschungsprojekt geplant.**

/ CIROTH / Wir sehen uns vor allem mit Ergebnissen in Form einer Systematik. Die Schwierigkeit in der Kommunikation zur

biologischen Transformation ist, dass die möglichen Maßnahmen so vielseitig und auf den ersten Blick unorganisiert sind. Durch die Anwendung von Mustererkennung auf die Ökobilanzierung haben wir die Hoffnung, dass wir dann die verschiedenen Biotransformationsprinzipien strukturieren können. Das würde uns in der Kommunikation helfen, wenn man nicht mit 75 einzelnen Beispielen arbeitet, sondern eher mit drei oder vier zu den jeweiligen Grundprinzipien.

/ HARMS / Wir schauen in eine Zukunft, in der wir die gesamte Geschichte der biologischen Transformation erzählen können. Nicht nur durch die Einzelaspekte Anwendungen, Mensch, Organisation und Infrastruktur, sondern in einem runden Gesamtkontext: Wie funktioniert die Transformation vom Maschinenzeitalter, wie wir es heute kennen, zum biologischen Zeitalter. Natürlich ist es schön, wiederverwertbares Verpackungsmaterial zu haben. Und natürlich ist es schön, eine schlanke IT-Infrastruktur zu haben. Aber was bedeutet das in Hinsicht auf die Ökobilanz? Wenn wir das als inspirierende Geschichte erzählen können, haben wir unser Ziel erfüllt. ♦

Weitere Informationen
www.ipk.fraunhofer.de/
biofusion40



Gründer und CEO

des Ingenieurberatungs- und Softwareunternehmens GreenDelta GmbH

Dr. Andreas Ciroth



Additiv, kreativ, alternativ

Biopolymere für industrielle Zwecke zu verarbeiten ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Das Fraunhofer IPK verfügt über das nötige Equipment.



1



2

STECKBRIEF

Nutzbarer Bauraum:	max. 234 x 134 x 230 mm
–	
Bauteilträger:	3-Achs mit Positioniergenauigkeit von +/- 0,022 mm
–	
Bauraumtemperatur:	max. 120 °C
–	
Austrageeinheiten:	2 bis 3
–	
Schichtdicke:	0,2 mm
–	
Absolute Bauteilgenauigkeit (x- und y) nach VDI-Richtlinie 3405:	+/- 0,1 mm

Bei der Suche nach nachhaltigen Plastikalternativen für die Industrie ist es nicht nur entscheidend, wie diese gewonnen werden, sondern auch, wie sie verarbeitet werden. Für solche technischen Probleme wollen Forschende im Rahmen des Projekts »BioFusion 4.0« kreative Lösungen finden, indem sie Prinzipien natürlicher Systeme nutzen. Ein Team am Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik fertigt dazu Ersatz- oder Funktionsbauteile additiv aus einem biogenen und abbaubaren Polymer. Dieses wird mithilfe von Bakterien aus Abfallstoffen gebildet, wobei sich die Forschenden die natürliche Eigenschaft der Mikroorganismen zunutze machen, in Mangelumgebungen Reservedepots in Form von kleinen Kunststoffpartikeln zu bilden. Aus diesem bioabbaubaren Kunststoff können sie on-demand kurzlebige Ersatzteile additiv fertigen.

Maschinell wird der Druck hierbei durch den 3D-Drucker freeformer 300-3X der Firma Arburg durchgeführt, die ihre Wurzeln im Spritzguss hat. Dementsprechend beginnt die Drucktechnik auch ähnlich wie beim Spritzgießen mit dem Aufschmelzen des Granulats in einem beheizten Plastifizierzylinder mit Schnecke. Anschließend trägt ein hochfrequent getakteter, starrer Düsenverschluss bis zu 330 Tropfen in der Sekunde aus. Je kleiner die Tropfen sind, desto feiner strukturiert wird die Oberfläche, während größere Durchmesser schnellere Arbeitsfortschritte ermöglichen. Die Tropfen verbinden

sich dabei mit dem bereits umliegenden Material, sodass Schicht für Schicht dreidimensionale Bauteile mit hoher mechanischer Festigkeit entstehen können.

Bei der Verarbeitung seines Biopolymers macht sich das Fraunhofer IPK-Team eine Besonderheit des Druckers zunutze: die Möglichkeit drei Komponenten gleichzeitig zu verdrucken. So können sie komplexe Funktionsbauteile in belastbarer Hart-Weich-Verbindung mit Stützstruktur industriell additiv fertigen. Neben ihrem eigenen Werkstoff können sie auch auf die Materialdatenbank von Arburg zugreifen.

Zudem ist eine Automatisierung der additiven Fertigung und die Integration des freeformer 300-3X in IT-vernetzte Fertigungslinien möglich. Im Zuge des »BioFusion 4.0«-Projekts können die Forschenden dadurch Microservices zur Druckauslösung einbinden, um ein dezent-

Bilder:

1, 2

Der freeformer 300-3X bringt die Vorteile der Spritzgusstechnik in die additive Fertigung.
© ARBURG

3

Biopolymere in unterschiedlichen Verarbeitungszuständen.



3

rales System zu schaffen. Das bedeutet weniger Planungsaufwand und schnelle Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen: Wenn zum Beispiel aus der Werkstatt der Bedarf für einen Greifer kommuniziert wird, kann die Druckauslösung des entsprechenden Bauteils aus Biokunststoff dezentral gesteuert erfolgen. Nach der Verwendung ist der Greifer kompostierbar und kann bedenkenlos entsorgt werden. Somit werden produzierende Unternehmen in die Lage versetzt, ihren Beitrag zu einer nachhaltigen, CO₂-neutralen Produktion zu leisten. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

Annika Brehmer | +49 30 39006-486
annika.brehmer@ipk.fraunhofer.de



Bild:
 Mit Leistungen im Megawattbereich ist PGS1 das zurzeit leistungsfähigste hybrid-elektrische System in der Luftfahrt und könnte ein zukünftiges Regionalflugzeug antreiben.
 © Rolls-Royce plc

Hybride Überflieger

Die Zukunft der Mobilität ist (hybrid)elektrisch – auch im Luftfahrtsektor. Für die damit einhergehenden Anforderungen müssen jetzt die digitalen Weichen gestellt werden.

Weniger Fliegen – so lautet oftmals die Devise, wenn es darum geht, klimaverantwortlich zu handeln. Klar ist, dass der Luftfahrtsektor in die Pflicht genommen werden muss, da Flugreisen aktuell etwa zwei bis drei Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen ausmachen. Angesichts unzureichender Alternativen und der großen Bedeutung der Luftfahrtindustrie für die globale Wirtschaft und Mobilität ist ein weitergehender Verzicht auf das Fliegen allerdings keine echte Option. Welche anderen Wege CO₂ einzusparen gibt es also, sodass weder die Industrie

Verluste erleidet, noch Privatpersonen ihre Mobilität einschränken müssen? Für produzierende Unternehmen im Luftfahrtsektor lautet die Antwort: Es müssen nachhaltige Alternativen her, inklusive elektrischer oder hybrid-elektrischer Antriebe. Diese Konzepte bringen neue Anforderungen mit sich. Wie lässt sich beispielsweise elektrische Energie effizient speichern und bereitstellen? Und wie lassen sich entsprechende Batteriesysteme integrieren oder ein geräuschärmerer Betrieb durch den Einsatz einer Vielzahl von elektrischen Antrieben herstellen?



1

DIGITALER ZWILLING FÜR DEN ANTRIEB

Ein Forschungsprojekt von Fraunhofer IPK und dem Industriepartner Rolls-Royce Deutschland soll die Weichen für das ressourceneffiziente hybrid-elektrische Fliegen der Zukunft stellen. Zu diesem Zweck entwickelte das Forschungsteam ein lebenszyklusübergreifendes Informationskonzept für den Flugzeugbau und die -produktion als wichtigsten Faktor. Dieses soll die digitale Vernetzung aller Wertschöpfungsschritte ermöglichen, um das neue Antriebskonzept effizient umsetzen zu können.

Auf Basis der verschiedenen Prozesse der Produktentwicklungsphasen entwarfen die Forschenden ein Prozessmodell, zu dem auch ein Digitaler Zwilling gehört. Dieses erfasst alle Aktivitäten, die Rollen der beteiligten Personen sowie eingesetzte Werkzeuge der Modelle während der einzelnen Prozessphasen bei der Produktion

eines Triebwerks. Innerhalb dieser Prozessphasen (Anforderungsmanagement, Funktionsflussmodellierung, Design und Entwicklung, Sicherheit, Simulation, Produktionsplanung, Fertigung und Qualitätssicherung) werden mögliche Änderungen und Erweiterungen ermittelt und können in den Digitalen Zwilling implementiert werden. Zukünftig soll dieser beispielsweise auch vorhersagen, ob eine geplante Änderung der Produkteigenschaften durchführbar ist.

VOM PLAN IN DIE TAT

Doch wie profitieren Unternehmen bei der Umstellung auf hybrid-elektrische Antriebe konkret von dem neu entwickelten Prozessmodell? Heiko Witte, Business Development Consultant Digital bei Rolls-Royce Deutschland erklärt, dass durch die Entwicklung Digitaler Zwillinge vor allem an den Schnittstellen unterschiedlicher Funktionen das Verständnis der Systemabhängigkeiten entscheidend vertieft werden konnte. »Das Prozessmodell ist hierbei grundlegend

wichtig, um Schnittstellen und Abhängigkeiten zu erkennen und Schwerpunkte bei Entwicklung und Systembeschreibung setzen zu können. Mithilfe eines cyber-physischen Systems auf Grundlage verschiedener Digitaler Zwillinge wollen wir ein ganzheitliches Systemverständnis erreichen, um den gesamten Lebenszyklus hybrid-elektrischer Triebwerke beschreiben und entspre-

chende Geschäftsmodelle entwickeln zu können.« Die so gewonnenen Erkenntnisse implementieren Heiko Witte und sein Team bei Rolls-Royce Deutschland derzeit in den Entwicklungszyklus für neuartige hybrid-elektrische Triebwerke, um kostengünstig und vor allem durch schnelle Iterationen zum Entwicklungsziel zu kommen.



2

Bilder:

1
Das Flugzeug apus i-5 soll zukünftig als fliegender Prüfstand für voll- und hybrid-elektrische Antriebssysteme genutzt werden.
© Rolls-Royce plc

2
Das Power Generation System PGS1 wurde an den Standorten Bristol und Trondheim auf Herz und Nieren getestet.
© Rolls-Royce plc

Das Projekt ist vor allem ein Meilenstein für eine klimaneutrale Zukunft der Luftfahrt, da es Realdaten über die Umsetzbarkeit der Reduktion von Treibhausgasemissionen bei Antrieben liefern kann. So wurde beispielsweise bei der Tecnam P2010 der Verbrennungsmotor durch den Einsatz eines hybrid-elektrischen Motors für den Antrieb des Flugzeugs deutlich verkleinert: Das 180 PS starke Standardtriebwerk konnte durch ein kleineres von nur 141 PS ersetzt werden. Daraus ergibt sich eine potenzielle Senkung des Kraftstoffverbrauchs um bis zu 20 Prozent, was die CO₂-Emissionen erheblich reduziert. Wird die neue Anforderung, wie in diesem Fall die verringerte Nutzung fossiler Brennstoffe, im System erfasst, so können die Auswirkungen auf entscheidende Prozessphasen wie Funktions- und Systemmodellierung simuliert und im Digitalen Zwilling entsprechend ergänzt werden.

Insgesamt werden elektrische Antriebe die Emissionen im Flugverkehr spürbar verringern, so Heiko Witte: »Hier wird ein Quantensprung erreicht, der mit der Steigerung der Effizienz der Gasturbine allein nicht erzielt werden kann. Da 80 Prozent aller Flüge Kurz- und Mittelstrecken bedienen, werden gerade in diesem Segment die Emissionen drastisch sinken können. Hybrid- und batterieelektrische Antriebe sind auf diesen Streckenprofilen ein entscheidender Faktor.« Unternehmen, die ihr Geschäftsmodell im Sinne einer nachhaltigen und emissionsreduzierten Führung optimieren wollen, können das Analysetool nutzen, um Potenziale in den Produktentstehungsphasen durch Digitale Zwillinge zu identifizieren und umzusetzen. ♦

IHRE ANSPRECHPERSON

Sonika Gogineni | +49 30 39006-175
sonika.gogineni@ipk.fraunhofer.de

18th Global Conference on Sustainable Manufacturing

5.–7. Oktober 2022, Berlin



Die Technische Universität Berlin und das Fraunhofer IPK laden Fach- und Führungskräfte aus Wissenschaft und Industrie aus aller Welt zur 18. Global Conference on Sustainable Manufacturing (GCSM) nach Berlin ein. Als internationales Forum für nachhaltige Produktion zielt die Konferenz darauf ab, die Potenziale der Fertigungstechnik zu nutzen, um die Herausforderungen einer globalen Nachhaltigkeit systematisch und konkret zu bewältigen. Dabei integriert sie ingenieurwissenschaftliche Perspektiven, praktische Anwendungen und Erfahrungen aus Schwellen- und Entwicklungsländern sowie bildungspolitische Themen. Ziel der jährlichen Veranstaltungsreihe ist es, im interdisziplinären Diskurs und durch sinnvolles Handeln beim Lernen und Lehren Themen wie Kreislauftechnologie und -wirtschaft, Arbeitsteilung für eine umfassende menschliche Entwicklung sowie den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen voranzutreiben.



Eine Veranstaltung von



In Kooperation mit



Weitere Informationen:
www.gcsm.eu



MEHR KÖNNEN

Nächste Veranstaltungen:



PLM Professional
26.–30.9.2022,
21.–25.11.2022

© rclassen / photocase.de



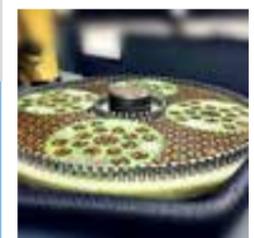
Handwerk 4.0
12.10.2022

© Rawpixel Ltd.

Weitere Informationen
zu unserem Programm
finden Sie unter
[www.ipk.fraunhofer.de/
weiterbildung](http://www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung)



In unserem MEHR KÖNNEN-Programm tragen wir technologiebasiertes Know-how direkt in die unternehmerische Praxis. Mit der Teilnahme an einer unserer Weiterbildungsveranstaltungen investieren Sie in Ihre berufliche Entwicklung und fördern gleichzeitig den wirtschaftlichen Erfolg Ihres Unternehmens. Nutzen Sie die Gelegenheit, sich wissenschaftlich fundiert und umsetzungsorientiert fortzubilden. Knüpfen Sie Netzwerke zu anderen Expertinnen und Experten, auch über die eigenen Branchengrenzen hinweg.



**IAK
Keramikbearbeitung**
7.10.2022



**Digital integrierte
Produktion**
29.–30.9.2022

© Adobe Stock



**Intelligentes Energie-
management für
Industrie und Gebäude**
17.10.2022



**Wissensbilanz
Made in Germany –
Intensivseminar**
13.–14.10.2022

© MEV

IMPRESSUM

FUTUR 1 / 2022
24. Jahrgang
ISSN 1438-1125

HERAUSGEBER

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

MITHERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Dr.-Ing. Kai Lindow
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Institut für Werkzeugmaschinen und
Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Claudia Engel
Pascalstraße 8–9
10587 Berlin
Telefon: +49 30 39006-140
Fax: +49 30 39006-392
pr@ipk.fraunhofer.de
www.ipk.fraunhofer.de

REDAKTION

Claudia Engel (V.i.S.d.P.):
S. 10–15, 16–19, 56/57
Ruth Asan (Chefredaktion):
S. 8–9, 24–27, 28/29, 30/31, 32–35,
40–45, 46–49, 50/51
Veronika Gorczynski:
S. 21/22, 23/24, 36–39, 52–55

GESTALTUNG

Larissa Klassen (Artdirektion)

FONT-GESTALTUNG FUTUR-LOGO

Elias Hanzer

FOTOGRAFIEN UND GRAFIKEN

Soweit nicht am Bild anders vermerkt:
© Fraunhofer IPK/Larissa Klassen:
Titel, S. 3, S. 31
© Fraunhofer IPK/Katharina Strohmeier:
S. 29
© IWF TU Berlin:
S. 26/27
© iStock/cherezoff:
S. 40 (*links*)
© iStock/Rawpixel:
S. 41 (*links*)
© iStock/VvoeVale:
S. 41 (*rechts*)
© iStock/gorodenkoff:
S. 42

BILDBEARBEITUNG

Larissa Klassen

HERSTELLUNG

Druckstudio GmbH



**Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK**

Pascalstraße 8–9 | 10587 Berlin | Telefon: +49 30 39006-140
pr@ipk.fraunhofer.de | www.ipk.fraunhofer.de



facebook.com/**FraunhoferIPK**
instagram.com/**fraunhofer_ipk**
linkedin.com/company/**fraunhofer-ipk**
twitter.com/**Fraunhofer_IPK**
youtube.com/**FraunhoferIPK**