

# futur

VISION | INNOVATION | REALISIERUNG



---

## NACHHALTIGKEIT

---

**S. 8 Zurückführen statt verschwenden**

In der Kreislaufwirtschaft werden Rohstoffe zurückgewonnen und für zukünftige Produktionsprozesse nutzbar gemacht.

**S. 16 Automatisch effizient**

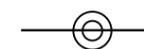
Produzierende Unternehmen müssen Energie sparen. Die neue EnEffReg-Technologie optimiert den Anlagenbetrieb automatisch dank intelligenter Steuerungstechnik.

**S. 24 Aus Abfall mach Kunststoff**

Ein neuartiger Kunststoff kann aus Abfällen produziert und ganz einfach in unter einem Jahr abgebaut werden.



**»Bisher können fossile Kunststoffe  
nicht im großen Stil ersetzt werden  
– aber Not macht ja bekanntlich  
erfinderisch.«**



## 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,



mit dem produzierenden Sektor verhält es sich wie mit vielen anderen Branchen: Wenn die Konjunktur brummt, geht es Herstellern und Käufern gleichermaßen gut. Solange die Versorgung mit Gütern sichergestellt ist, sind Produzenten wie Konsumenten zufrieden, könnte man meinen. Oder etwa nicht?

Tatsächlich hat in den letzten Jahren das Interesse dafür, woher Produkte kommen, wie sie hergestellt werden und wie sie am Ende wiederverwendet, wiederverwertet oder entsorgt werden, enorm zugenommen. Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung spielen eine immer größere Rolle bei der Kaufentscheidung. Wir wägen ab, ob wir eine Trinkflasche im Einweg- oder Mehrwegsystem nehmen und ob es statt des neuesten Smartphone-modells auch ein fair produziertes Mobiltelefon sein kann. Wir wählen Ökostrom aus erneuerbaren Energiequellen und geben Elektromobilität den Vorzug gegenüber herkömmlichen Antriebssystemen.

Am Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin widmen wir uns in vielen Forschungsprojekten der Frage, wie man nicht nur Produkte, sondern auch ihre Produktion umweltfreundlicher gestalten kann. Unser Ziel: größerer Wohlstand für mehr Menschen bei weniger Ressourcenverbrauch. Eine Lösung, wie wir unseren Lebensstandard sichern können, ohne dass das auf Kosten zukünftiger Generationen geht, lautet: zurückführen statt verschwenden. Das ist auch der Titel unseres Leitartikels, eines Plädoyers für die Kreislaufwirtschaft.

Mit unserer Expertise und Erfahrung sind wir in der Lage, alle Produktionsschritte zur Herstellung eines Produkts in Bezug auf Nachhaltigkeit zu optimieren.

So helfen wir unseren Auftraggebern, den ökologischen Fußabdruck ihrer Produkte und Dienstleistungen möglichst klein zu halten. Wie das mit Blick auf einzelne Nachhaltigkeitskriterien funktioniert, zeigen wir in einer Grafik am Beispiel der Energieeffizienz.

Der bewusste Umgang mit Ressourcen ist essentiell für den Schutz von Natur und Klima. Welches Ausmaß die Umweltverschmutzung weltweit angenommen hat, symbolisieren mit Plastikmüll überschwemmte Strände auf der ganzen Welt. Erfahren Sie, an welchen einfach abbaubaren Kunststoffalternativen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten – mit Müll als Rohstoff! Außerdem in diesem Heft: Wir ergründen, wie es auch kleineren und mittleren Unternehmen möglich ist, nachhaltig zu wirtschaften und erklären, wie Automobil- und Schiffbauer mithilfe von Ökobilanzierungen die Umwelteffekte ihrer Schweißprozesse einschätzen können.

Ein schönes Beispiel übrigens, wie nachhaltig unsere Forschung auch in der Kommunikation wirkt, ist das auf umweltzertifiziertem Papier gedruckte Magazin, das Sie gerade in der Hand halten. FUTUR erschien erstmals 1999. Nach über 20 Jahren haben wir ihm einen neuen zeitgemäßen Look verpasst – und hoffen damit Sie, unsere Leserinnen und Leser, auch in Zukunft für unser Magazin und unsere Forschung und Entwicklung zu begeistern. Mehr zum Relaunch unseres Kundenmagazins erfahren Sie auf unserer Webseite.

Ihr

**Eckart Uhlmann**

## 06 Shortcuts

## 08 Zurückführen statt verschwenden



## 14 Unser Ziel: die beste Lösung für Applikation und Umwelt

Interview mit Dr. Ansgar Kriwet, Festo

## 16 Automatisch effizient



## 20 Rundum Energie sparen

## 22 Klimaneutral produzieren

Alumni-Kolumne von Prof. Dr. Alexander Mattes, Fachhochschule Kiel

## 24 Aus Abfall mach Kunststoff



## 28 Integrated Thinking

Der Weg ist das Ziel



## 32 Der Mittelstand will's wissen

## 34 Ökologisch gut

Produkte aus Makerspaces

## 36 Umweltverträglich Schweißen

## 40 Smart Maintenance für Highend-Maschinen

Expertengespräch mit Christoph Plüss, United Grinding und Claudio Geisert, Fraunhofer IPK



## 44 Effizienzexperten im Auftrag der Umwelt

Unternehmensporträt: ÖKOTEC

## 46 Energieeffizient mit Industrie 4.0

Laborporträt: Lab for Energy Efficiency



## 48 Ereignisse + Termine



## 51 Mehr Können

## 52 Impressum

# 4 000 000 000 000 000 000 000 J

## BILDERRÄTSEL



Was könnte das wohl sein?

Die Auflösung gibt es auf

↪ Seite 46

## MEISTER(LICH) DIGITALISIEREN

### Neues Fachbuch befähigt mittelständische Unternehmen und deren Belegschaft

Die digitale Transformation stellt den deutschen Mittelstand vor große Herausforderungen. Eine der Hürden ist oft die mangelnde IT-Kompetenz der Mitarbeitenden. Wie produzierende Firmen dennoch Industrie-4.0-Technologien auf den betrieblichen Hallenboden bringen können, haben Experten des Fraunhofer IPK gemeinsam mit KMU und anderen Forschungseinrichtungen untersucht. Ihre Lösungsansätze haben sie jetzt in einem Buch veröffentlicht, das unter anderem die Rolle von Meisterinnen und Meistern betont.

↪ Mehr dazu unter [s.fhg.de/meisterlich-digitalisieren](https://s.fhg.de/meisterlich-digitalisieren)



**BAUHÜTTE 4.0** ist ein Kulturprojekt, das sich mit innovativen Formen des Holzbaus in Zeiten urbaner Intelligenz und der Klimakrise beschäftigt. Es verbindet Berliner und Brandenburger Akteure der Waldwirtschaft, Produktion, Logistik, Montage, des Wohnungsbaus und der urbanen Infrastruktur. Innovationspotenziale werden entlang der gesamten Produktionskette beleuchtet: die Ressource Holz, vom Rohstoff bis hin zum belebten Stadtraum, durch Smarte Systeme, intelligente Vorfertigung und Industrie 4.0. Das Projekt ist eine Initiative der TU Berlin in Kooperation mit dem Fraunhofer IPK und der Tegel Projekt GmbH.

↪ Mehr dazu unter [www.bauhuette40.com](http://www.bauhuette40.com)



## IN EIGENER SACHE



CMYK  
97/69/38/24



CMYK  
80/40/00/00



CMYK  
40/96/100/5



CMYK  
22/20/34/00



CMYK  
04/35/95/00



CMYK  
55/27/75/06

**Aufmerksamen Leserinnen und Lesern wird nicht entgehen, dass die FUTUR jetzt in einer komplett neuen Optik daherkommt.**

### Eine Insiderinfo:

Unser Farbschema orientiert sich an der tatsächlichen Farbwelt des Produktionstechnischen Zentrum Berlins!

↪ Weitere Infos und »Behind the Scenes«-Einblicke zur neuen FUTUR gibt es hier: [s.fhg.de/die-neue-futur](https://s.fhg.de/die-neue-futur)



# Zurückführen statt verschwenden

**In der Kreislaufwirtschaft werden Rohstoffe zurückgewonnen und für zukünftige Produktionsprozesse nutzbar gemacht.**

>> Wie können wir heute unseren Wohlstand ermöglichen, ohne zukünftigen Generationen die Grundlagen eines lebenswerten Daseins zu nehmen? <<

Wohlstand hat seinen Preis. Mit dem Lebensstandard vieler Menschen auf der ganzen Welt steigt auch der Konsum von Ressourcen an. Die hoch industrialisierten Länder haben eine besonders schlechte Bilanz: Jede und jeder Deutsche verbraucht im Schnitt 16,1 Tonnen an Rohstoffen im Jahr. Das ist doppelt so viel wie der globale und immerhin zehn Prozent mehr als der europäische Durchschnitt. Gleichzeitig produzieren wir Deutschen jedes Jahr 412 Millionen Tonnen Abfall. Das entspricht fast fünf Tonnen Abfall pro Person.

## DAS ENDE DER FAHNENSTANGE

Global gesehen gehen diese Besorgnis erregenden Trends weiter. Entwicklungs- und Schwellenländer bauen größtenteils auf die an Wachstum gekoppelte Industrialisierung und bedienen sich derselben Mittel wie wir, um ihrer wachsenden Bevölkerung einen akzeptablen Lebensstandard zu ermöglichen. Legt man den aktuellen Stand der Produktionstechnik zugrunde, wird allein die Produktion von Stahl, Aluminium, Plastik und Zement im 21. Jahrhundert etwa 800 Gigatonnen CO<sub>2</sub> verursachen. Damit wären die Emissionen aus diesen vier Materialströmen bereits genug, um die global zur Erreichung des Zwei-Grad-Zieles erlaubten Emissionen aufzubrechen.

Wissenschaft, Regierungen und Zivilgesellschaft stehen deshalb vor der Frage: Wie können wir heute unseren Wohlstand ermöglichen, ohne zukünftigen Generationen die Grundlagen eines lebenswerten Daseins zu nehmen?

## CIRCULAR ECONOMY

Eine der Hauptursachen sowohl für den enormen Ressourcenverbrauch als auch die Menge an Abfall ist unsere lineare Wirtschaftsweise: Wir entnehmen Rohstoffe, produzieren daraus Güter, nutzen diese und entsorgen sie abschließend. Um die globalen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, müssen wir diesen Prozess neu denken. Aus diesem Bestreben heraus entstand das Konzept der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy).

Die Circular Economy ist ein regeneratives System von Produktion und Verbrauch. Innerhalb dieses Systems werden Energie- und Materialkreisläufe verlangsamt und geschlossen. Dadurch wird der Ressourcen- und Energieverbrauch reduziert, während gleichzeitig weniger Abfall und Emissionen anfallen.

Die Idee dahinter ist es, Rohstoffe auf effizientere Weise zu nutzen und sie einem Kreislauf zuzuführen, durch den sie so lange wie möglich für uns wertvoll sind. Nur wenn es uns gelingt, benutzte Materialien in einen solchen Kreislauf zurückzuführen, können wir mittelfristig Ressourcenverbrauch und wirtschaftliches Wachstum voneinander entkoppeln. Das würde nicht nur die Umwelt entlasten, sondern auch mehr Menschen größeren Wohlstand ermöglichen. →



© Mika Baumeister / Unsplash

# Die drei Prinzipien der Kreislaufwirtschaft

ZURÜCKFÜHREN STATT VERSCHWENDEN

ERNEUERBARE  
ROHSTOFFE



PRINZIP

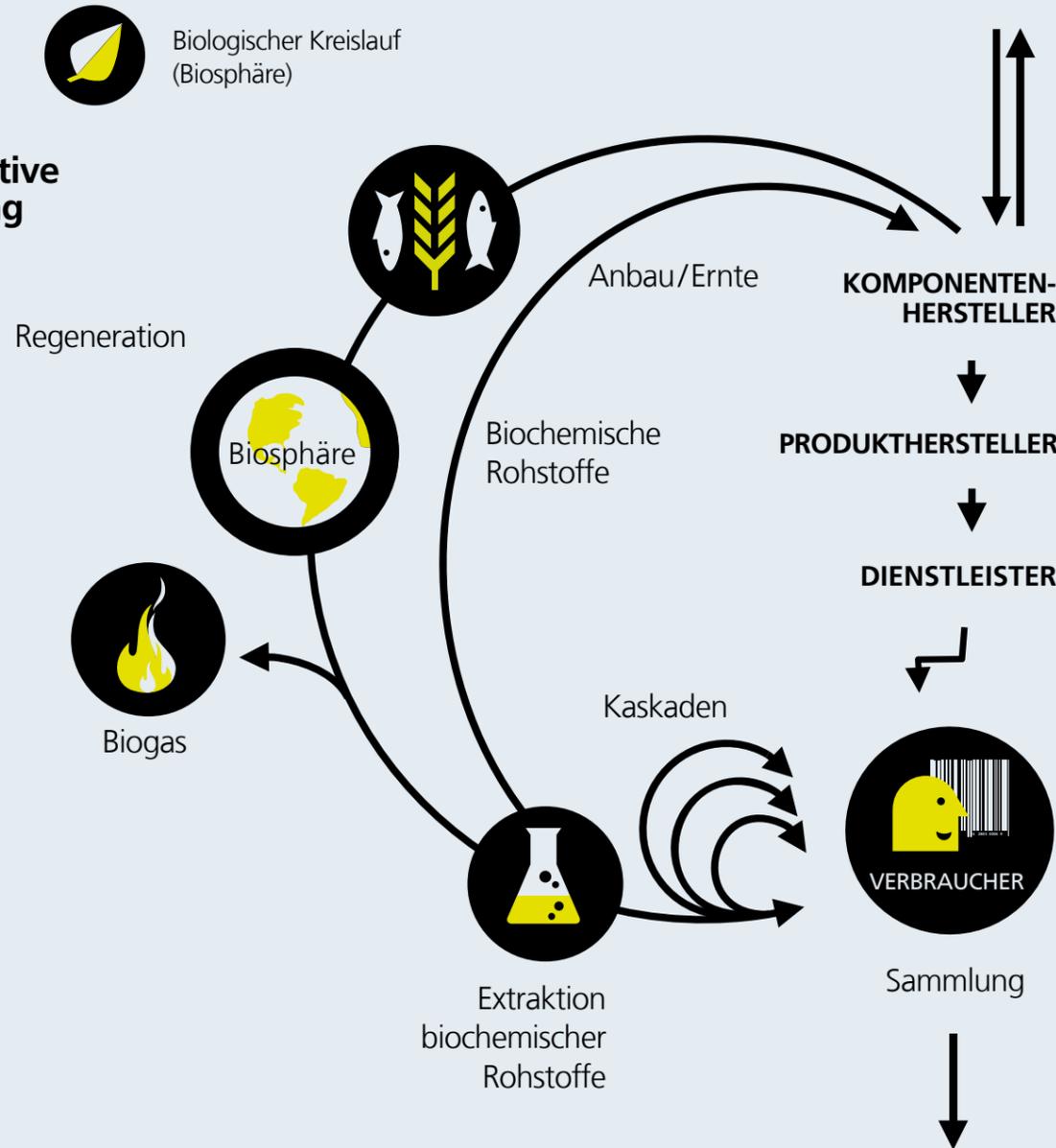
## 1 Naturkapital erhalten

Stoffstrommanagement  
erneuerbarer Materialien

Regenerieren

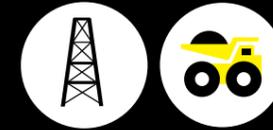
Materialien  
austauschen

## 2 Produktive Nutzung



## 3 Systemeffektivität fördern

Minimierung systematischer Sickerverluste  
und negativer Externalitäten



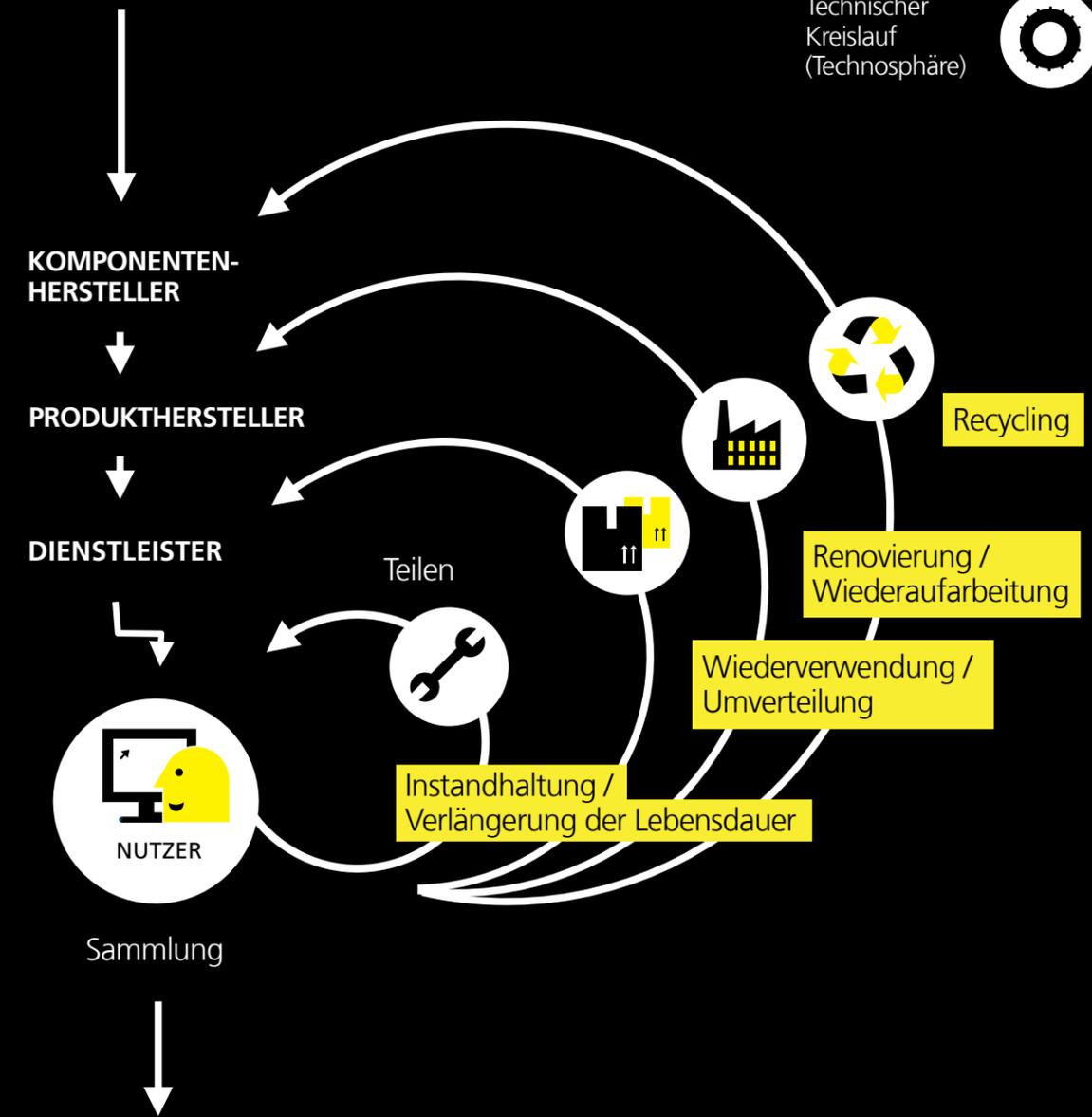
ENDLICHE  
ROHSTOFFE

Materialien  
austauschen

Virtualisieren

Wiederherstellen

Bestandsmanagement



Minimierung systematischer Sickerverluste  
und negativer Externalitäten

DIE TRENDWENDE EINLEITEN

Um einen systemischen Ansatz in einem gesamtwirtschaftlichen Kontext zu entwickeln, rief die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) im Jahr 2019 die Circular Economy Initiative Deutschland ins Leben. Sie wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und sucht in einem sektor- und ressortübergreifenden Dialog mit Wissenschaftlerinnen und Vertretern von Wirtschaft und Zivilgesellschaft nach Lösungsansätzen für die Frage: Wie schaffen wir die systematische Trendwende vom linearen zum zirkulären Wirtschaften?

Mit dabei sind auch das Fraunhofer IPK und das IWF der Technischen Universität Berlin. Ziel der Initiative ist es, eine Roadmap zu erarbeiten. Diese soll zunächst ein Leitbild für eine zirkuläre Wertschöpfung beschreiben. Auf einem weniger abstrakten Niveau soll sie langfristige Ziele enthalten, um die Ressourcenproduktivität zu erhöhen. Um schließlich besonders konkret zu werden, soll die Roadmap auch geeignete Steuermaßnahmen für eine etablierbare und substantielle Kreislaufwirtschaft identifizieren.

Wie die Kreislaufwirtschaft in der Realität aussieht, zeigt das Verfahren des Remanufacturing, auch Refabrikation genannt. Im Prinzip bezeichnet man damit einfach die Idee, ein bereits genutztes Produkt zu reparieren oder

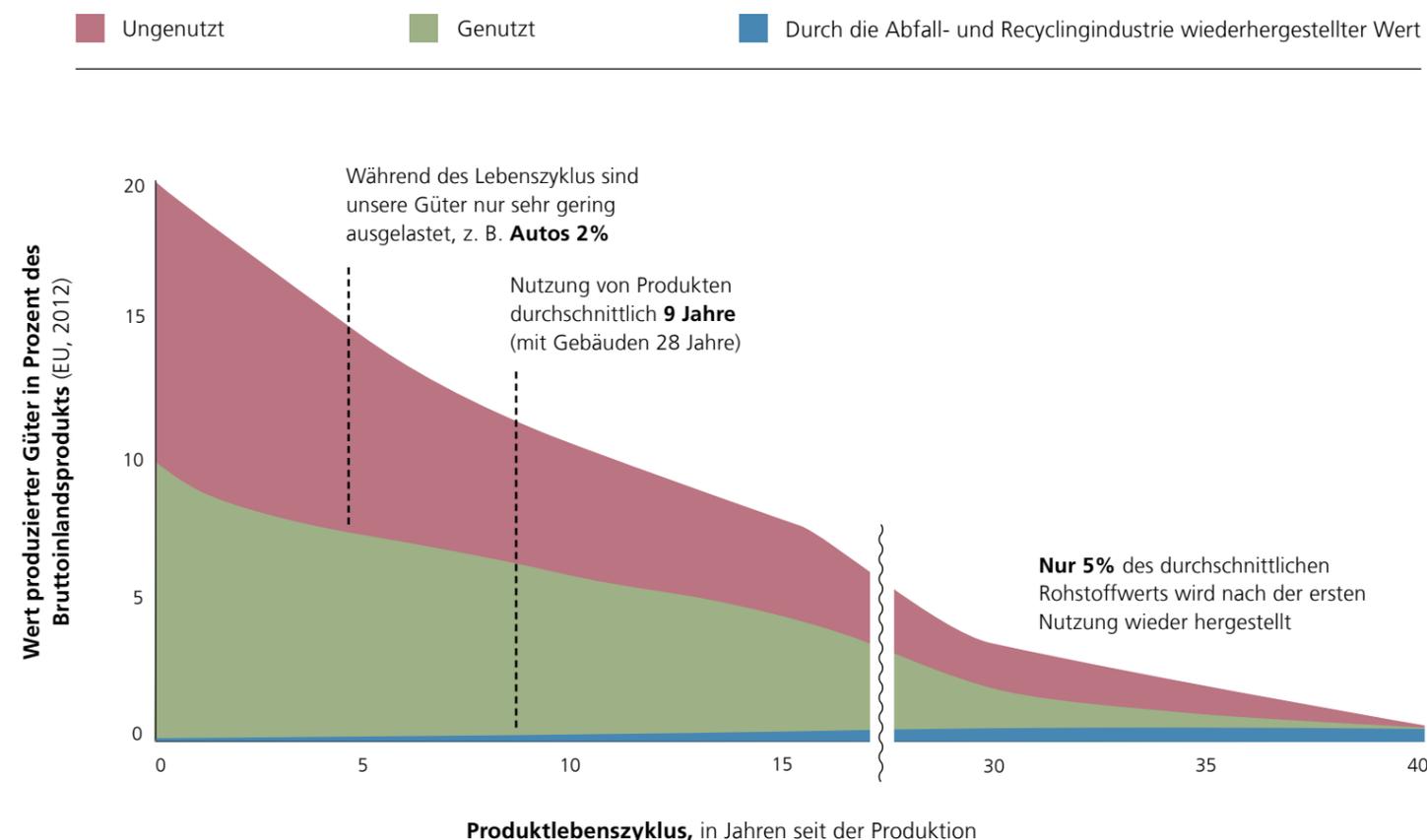
aufzuarbeiten, um seine ursprüngliche Qualität wiederherzustellen. Dadurch kann ein großer Teil des Rohmaterials und der Energie eingespart werden, die für die Herstellung eines neuen Produktes notwendig gewesen wären. Neben der zusätzlichen Möglichkeit günstigere Ersatz- und Austauschprodukte anbieten zu können und dadurch den Produktlebenszyklus zu verlängern, kann durch die Kreislaufführung von Rohstoffen ein bedeutender Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Trotz der offensichtlichen Vorteile des Remanufacturing werden bislang auch in entwickelten Märkten selten mehr als fünf Prozent der Waren dadurch gewonnen, selbst bei besonders dafür geeigneten Produktfamilien wie beispielsweise Smartphones oder Haushaltsgeräten, aber auch Komponenten aus Maschinen und Anlagen.

IHR ANSPRECHPARTNER  
**Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl** | +49 30 39006-223  
 holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

>> Trotz der offensichtlichen Vorteile des Remanufacturing werden bislang auch in entwickelten Märkten selten mehr als fünf Prozent der Waren dadurch gewonnen, selbst bei besonders dafür geeigneten Produktfamilien wie beispielsweise Smartphones oder Haushaltsgeräten, aber auch Komponenten aus Maschinen und Anlagen. <<

Status Quo: Wirtschaft mit hochgradig ineffizienter Ressourcennutzung

Nach acatech (2019), gemäß McKinsey Center for Business and Environment, Ellen MacArthur Foundation & SUN (2015)



Kreislaufwirtschaft geht uns alle an

Das Thema auf die internationale produktionswissenschaftliche Agenda zu setzen, ist eines der Ziele der Global Conference on Sustainable Manufacturing (GCSM). Im Oktober 2021 richten TU Berlin und Fraunhofer IPK die 18. Konferenz dieser Reihe aus. Vorträge und Debatten zur Kreislaufwirtschaft werden dabei eine zentrale Rolle einnehmen.

Aber nicht nur der akademische Diskurs soll befeuert werden, sondern auch der Austausch mit Industrie, Politik und Gesellschaft. Denn die Art, wie wir wirtschaften, berührt alle Aspekte unseres Zusammenlebens. Das ist Grund genug, nachhaltige Lösungen der Produktionstechnik zu fördern.

# Unser Ziel: die beste Lösung für Applikation und Umwelt

Dr. Ansgar Kriwet, FESTO SE & CO. KG



© Festo SE & Co. KG

**DR. ANSGAR KRIWET** studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen. Anschließend war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin sowie am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, bevor er an das Institut für Management und Technologie IMT in Berlin wechselte. Dr. Kriwet war bei Festo am Aufbau des neu gegründeten Bereiches Cybernetic maßgeblich beteiligt. Als Leiter des Produktmanagements Innovationen sowie des Produktmanagements Controls hatte er die Strategieverantwortung für alle Produktfamilien innerhalb dieser Segmente. Mit der Leitung des Product Center Ventile übernahm er die Verantwortung für die strategische Neuausrichtung des Bereiches. 2009 wurde Dr. Kriwet in den Vorstand berufen und war zunächst für die Region und den Vertrieb Europa, seit 2013 dann für den globalen Vertrieb bei Festo verantwortlich. Dr. Kriwet ist seit 2018 Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer IPK.

| futur | **Bei Festo »denkt man in Generationen, nicht in Geschäftsjahren,« heißt es auf der Firmenwebseite. Nachhaltigkeit als Mission – wie schlägt sich das in Ihrer Unternehmensstrategie nieder?**

/ **KRIWET** / In unserer aktuellen Unternehmensstrategie haben wir den an uns selbst gestellten Anspruch so formuliert: »Progress in Motion« ist unser Antrieb. Mit unserer Kompetenz in Automation und technischer Bildung steigern wir die Produktivität unserer Kunden und schaffen darüber Freiräume für eine nachhaltige Entwicklung von Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.

Dieser Leitsatz gilt für alle Festo Mitarbeiter weltweit. Unter Nachhaltigkeit verstehen wir nicht nur Klimaschutz, sondern auch

Gesundheit und Sicherheit sowie als ganz wichtige Säule für unsere Zukunft das Thema technische Bildung. Festo hat bereits in den 50er Jahren die Festo Didactic gegründet, um technologieflankierend den Menschen lebenslanges Lernen und Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Die Digitalisierung bietet viele neue Möglichkeiten und Chancen. Damit Industrie 4.0 gelingen kann, sind die Ausbildung und Qualifizierung der Fachkräfte an die neuen Anforderungen der digitalen Produktion anzupassen. Festo Didactic setzt seine umfangreichen Erfahrungen aus der Praxis der digitalen Produktion in geeignete Lernprogramme, -module und -inhalte um, damit Fach- und Nachwuchskräfte auf ihre neue Rolle in der Smart Factory und die Anforderungen der Industrie 4.0 bestens vorbereitet sind.

| futur | **Als Vorstand Sales, könnte man meinen, schauen Sie hauptsächlich auf Verkaufszahlen und Absatzmärkte. Welchen Einfluss haben Nachhaltigkeitsüberlegungen auf Ihre Arbeit?**

/ **KRIWET** / Einen sehr großen. Das Thema Nachhaltigkeit spielt nicht nur bei uns, sondern auch bei unseren Kunden eine immer größere Rolle. Wir sind als B2B-Unternehmen ein klassischer Zulieferer für eine Vielzahl von Branchen, angefangen bei der Automobil-, Lebensmittel- und Verpackungsindustrie, im Bereich LifeTech sowie der Elektronikindustrie bis hin zur Prozessautomation. Wir müssen deshalb den gesamten Lebenszyklus unserer Produkte betrachten und nicht nur nach uns selber schauen. Unser Ziel: die beste Lösung

für Applikation und Umwelt. Smarte Produkte für smarte Lösungen sorgen für mehr Produktivität unserer Kunden, mehr Wohlstand in der Welt, bei rücksichtsvollem Umgang mit unserer Umwelt.

Aus der neuen Ressource Daten generieren wir Information und Wissen, um in unseren eigenen Fabriken und in den Fabriken unserer Kunden höchste Qualität, eine selbstoptimierende Produktion, ein Höchstmaß an Flexibilität und einen minimierten Ressourcenverbrauch zu erreichen. KI ist nun in der industriellen Praxis angekommen. Festo setzt bereits heute KI in seinem Produktangebot ein, um gemeinsam mit dem Expertenwissen des Menschen aus komplexesten Anlagen die idealen Druckpunkte für eine selbstlernende Optimierung zu ermitteln, die dem Kunden eine noch höhere Overall Equipment Effectiveness garantiert.

Weitere Beispiele: Mit der digitalen Verwaltungsschale hat Festo eine standardisierte, semantische und technische digitale »Verpackung« für Werkstücke und Komponenten bereitgestellt, die das herstellerübergreifende Zusammenwirken in digitalen Ökosystemen ermöglicht. Dazu gehören auch interoperable Modelle für Dokumentation, Zertifikate, Software, Datenblätter, 3D, EPLAN und AutomationML wie zum Beispiel das digitale Typenschild, das zukünftig Handbücher und Bedienungsanleitungen aus Papier überflüssig machen wird.

| futur | **Zu einer nachhaltigen Unternehmensführung gehört auch der sparsame Einsatz von Ressourcen. Wie setzen Sie das konkret um?**

/ **KRIWET** / Größter Stellhebel zur Minderung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind unsere Produkte und Lösungen im Markt. Wir unterstützen unsere Kunden auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Produktion mit smarten Produkten und ganzheitlicher Beratung zur Steigerung der Energieeffi-

zienz. Diesen Ansatz werden wir deshalb deutlich ausbauen.

Aktuelle Beispiele aus unserem Produktportfolio gibt es aber auch schon: Mit dem Festo Motion Terminal VTEM haben wir die Digitalisierung der Pneumatik eingeführt. Ventilfunktionen werden per App gesteuert und Hardware muss nicht mehr ausgetauscht werden, um eine Anlage für neue Produkte umzurüsten.

Außerdem ist Festo der einzige Anbieter, der die Piezotechnologie in seine Ventiltrik adaptiert hat. Piezoventile brauchen 20-mal weniger Energie bei einer 20-mal längeren Lebensdauer. Sie können daher beispielsweise auch in Beatmungsgeräten eingesetzt werden. Was die Piezoventiltechnik besonders für den Einsatz in der Medizintechnik prädestiniert, sind der geräuschlose Betrieb, die fehlende Wärmeentwicklung, ihre kleine und leichte Bauweise sowie die höchst präzise Steuerung kleinster Durchflussmengen. Sie sind nicht magnetisch und beeinflussen keine anderen medizintechnischen Geräte.

An unseren internationalen Standorten werden wir große Anstrengungen unternehmen, um den ökologischen Fußabdruck zu verringern. Wir schließen die Supply Chain in unsere Bemühungen mit ein, z. B. in unseren Logistikprozessen. Nachhaltiges und umweltbewusstes Verhalten unserer Mitarbeiter sehen wir dabei als wichtigen Erfolgsfaktor.

| futur | **Stichwort Energieeffizienz: Das Thema spielt in dieser Ausgabe ja eine große Rolle. Welche Möglichkeiten sehen Sie, den Energieverbrauch in der industriellen Produktion spürbar zu senken?**

/ **KRIWET** / Auf die Herstellung unserer Produkte in unseren eigenen Werken entfallen fünf Prozent CO<sub>2</sub>-Emissionen, im laufenden Betrieb der Anlagen bei den Kunden entstehen 95 Prozent der

CO<sub>2</sub>-Emissionen. Deshalb haben wir einen ganzheitlichen Festo Energy Saving Service, kurz FESS entwickelt, der bei den Kunden die Auslegung und den Betrieb der Anlagen prüft und alle Schwachstellen und Optimierungsmöglichkeiten herausarbeitet. Sensoren liefern uns die Daten, die die Energieverbräuche einer Produktion transparent machen, bis auf die einzelne Komponente genau.

| futur | **Denken Sie bitte zum Abschluss an Festo in 50 Jahren. Wie wird die Generation Ihrer Kinder von neuen Automatisierungslösungen profitieren?**

/ **KRIWET** / Einerseits entlastet Automatisierung die Menschen von ermüdenden und belastenden Tätigkeiten am Arbeitsplatz, andererseits stellt sie eine kontinuierliche Versorgung der Menschen mit den notwendigen Gütern und Waren sicher. Dank Künstlicher Intelligenz und kollaborativer Robotik wird es dann kaum noch körperlich schwere Arbeiten in der industriellen Produktion geben. Ich hoffe, bis dahin haben wir die Produktion außerdem von linearen Prozessen in Richtung Kreislaufwirtschaft emissionsfrei weiterentwickelt.

# Automatisch effizient

## Produzierende Unternehmen müssen Energie sparen. Die neue EnEffReg-Technologie optimiert den Anlagenbetrieb automatisch dank intelligenter Steuerungstechnik.

Von allen Wirtschaftsbereichen Deutschlands hat das verarbeitende Gewerbe den mit Abstand höchsten Energieverbrauch. Etwa 39 Prozent der in der hiesigen Wirtschaft genutzten Primärenergie fließt in die Herstellung von Waren, gefolgt von der Energieversorgung (28 Prozent) und dem Verkehr (12 Prozent).

Das deutsche verarbeitende Gewerbe allein verbraucht damit jährlich etwa 4000 Petajoule – das ist mehr als die meisten Länder insgesamt! Zum Vergleich: Ganz Argentinien, inklusive aller Wirtschaftszweige und Privathaushalte, verbraucht knapp 3600 Petajoule, die Niederlande etwa 3500. In Joule ausgedrückt hätte jede dieser Zahlen 18 Nullen. Bei solchen Dimensionen wird schnell klar, dass jede noch so kleine Energieeinsparung im Produktionsbereich enorme Auswirkungen hat.

Bei aller Ungewissheit in Sachen Klimaschutz ist deshalb eins sicher: Wenn Deutschland seine Klimaziele erreichen will, müssen produzierende Unternehmen ihren Energieverbrauch deutlich senken. Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 setzt die Bundesregierung Anreize dazu. Doch die Neuanschaffung von effizient arbeitenden Maschinen ist eine langfristige Investition und kaum ein Unternehmen kann seine technische Ausstattung jederzeit auf dem neuesten energiesparenden Stand halten. Der Lichtblick: Dank intelligenter Steuerungstechnik müssen sie das vielleicht auch nicht. Um bestehende Anlagen automatisch energiesparend operieren zu lassen, hat das Fraunhofer IPK in Zusammenarbeit mit der Firma ÖKOTEC Energiemanagement die Technologielösung EnEffReg entwickelt.

### STARKE PARTNER FÜR ENERGIEEFFIZIENZ

Im Forschungsprojekt EnEffReg kooperierten einige der größten produzierenden Unternehmen Deutschlands, um gemeinsam neue energiesparende Technologien in den Einsatz zu

bringen: Bayer in Berlin, thyssenkrupp Steel Europe in Duisburg Hamborn und Daimler am Standort Berlin-Marienfelde. In enger Zusammenarbeit mit diesen Großunternehmen haben die Forschungspartner ÖKOTEC und Fraunhofer IPK ein Verfahren entwickelt, das aus Energiemessdaten auf ideale Sollwerte schließt, die automatisch an die entsprechenden Maschinen übertragen werden. So wird der energieeffizienteste Betriebsmodus nicht nur ermittelt, sondern direkt an der Maschine eingestellt. Getestet wurde die EnEffReg-Technologie an besonders energieintensiven versorgungstechnischen Anlagen.

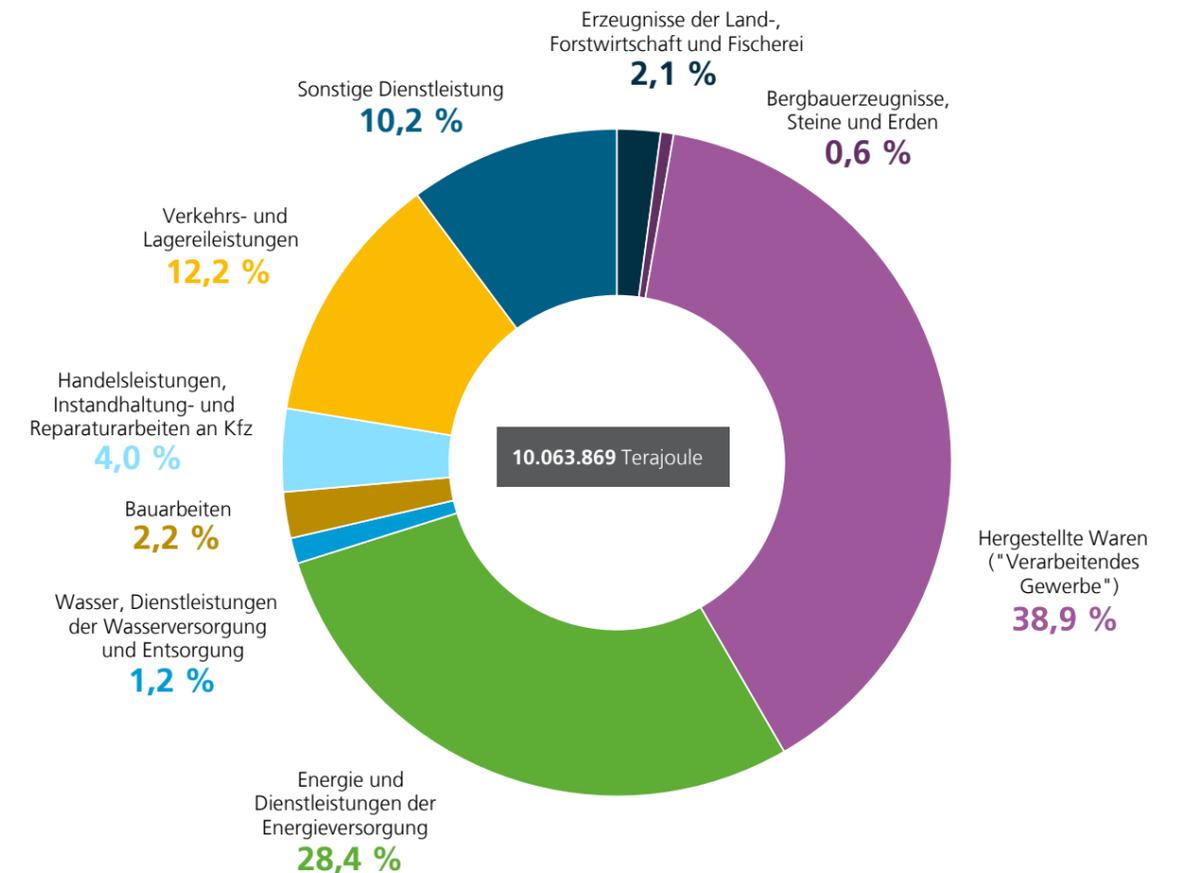
Die Steuerung der Anlagen basiert zum einen auf der Energieeffizienz-Software EnEffCo®, ebenfalls im Rahmen einer Forschungsk Kooperation von IPK und ÖKOTEC entstanden, und zum anderen auf einer im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit entwickelten Kennzahlmethodik. Im Betrieb liest EnEffReg umfangreiche Messdaten eines Systems aus und erlernt so das Verhalten der Anlagen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz. Dadurch können vernetzte Teilsysteme neu eingestellt und Veränderungen selbstlernend berücksichtigt werden. Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger, Leiter des Geschäftsfeldes Automatisierungstechnik am Fraunhofer IPK, erläutert hierzu: »Im Projekt EnEffReg wollten wir die Energieeffizienz gezielt regeln. Dazu brauchen wir nicht nur das Messen, sondern auch das Steuern innerhalb eines geschlossenen Regelkreises. So gehen wir einen Schritt weiter als bisherige Ansätze und erreichen damit eine höhere Leistungsstufe.«

### SICHERHEIT GEHT VOR

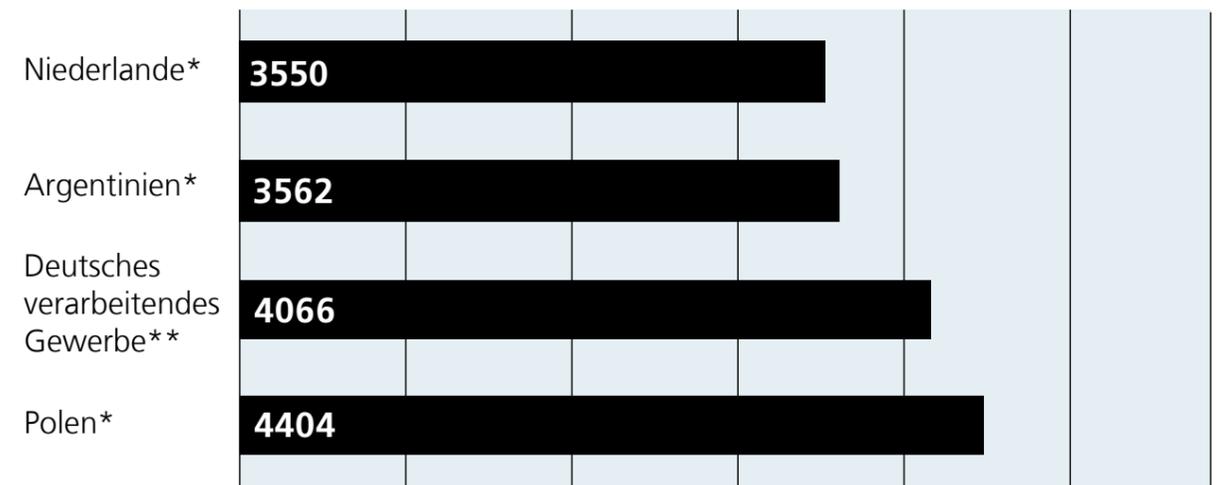
Die oberste Priorität bei der automatischen Regelung der Anlagen genießen Verfügbarkeit und Sicherheit. Erst wenn der stabile Betrieb einer Anlage sichergestellt ist, darf die Software sie nach Energieeffizienzkriterien einstellen.

## Anteil wirtschaftlicher Aktivitäten am Primärenergieverbrauch aller Produktionsbereiche 2015

Quelle: Umweltbundesamt, nach Statistisches Bundesamt



## Energieverbrauch (in Petajoule) des deutschen verarbeitenden Gewerbes im Vergleich zu gesamten Volkswirtschaften und ihren Privathaushalten



\* Zahlen für 2018, umgerechnet von Millionen Öleinheiten in Petajoule (Quelle: BP)

\*\* Zahl für 2017 (Quelle: Statistisches Bundesamt)

Fraunhofer IPK-Wissenschaftler haben dafür ein drei-stufiges Überprüfungsverfahren entwickelt. Dabei wird zunächst jede Komponente einzeln geprüft, dann die Verbindung der Komponenten untereinander, und schließlich die jeweilige situationsabhängige Anforderung. Erst wenn diese drei Überprüfungsstufen ergeben, dass ein Steuerungsvorschlag den sicheren Betrieb der Anlage nicht gefährdet, wird er umgesetzt.

Dieser datengetriebene Ansatz stellt die automatisierte Regelung der Anlage auf solide Füße. Für industrielle Anwender ist es aber auch wichtig, das lernende System nachvollziehen zu können. Sie wünschen sich möglichst transparente Modelle. Das EnEffReg-Team wendete deshalb ein Verfahren an, das jüngst von US-amerikanischen Wissenschaftlern entwickelt wurde: Sparse Identification of Nonlinear Dynamics. Dieses sagt das dynamische Verhalten eines Systems voraus, indem es aus Bibliotheken mit mathematischen Funktionen jeweils eine übersichtliche Kombination zusammenstellt und gewichtet. Somit sind die Entscheidungen der Künstlichen Intelligenz hinter EnEffReg für den Anwender jederzeit nachvollziehbar.

Einen weiteren Beitrag zur Nachvollziehbarkeit leisten neuartige Methoden zur Visualisierung der Energieeffizienzfaktoren von Maschinen, die im Laufe des Projekts entwickelt wurden. »Damit existiert nun für den sehr alten Wunsch von Wissenschaftlern und Ingenieuren nach einer grafischen Darstellung von vieldimensionalen Zusammenhängen eine ganz neue Lösungsmöglichkeit, die auch für viele Anwendungsprobleme unabhängig von EnEffReg verwendet werden kann«, so Knut Grabowski, der das Forschungsprojekt bei ÖKOTEC leitet.

### ZUFRIEDENE ANWENDER

Für Bayer, thyssenkrupp und Daimler brachte das Projekt viele neue Erkenntnisse und auch schon erste positive Ergebnisse.

»Durch sprunghafte Änderungen im Betrieb unserer Versorgungstechnik konnten wir einen technischen Defekt der verbauten Sensorik sofort erkennen. Das wäre ohne Überwachung der Energieeffizienz erst viel später aufgefallen«, so Dr. Tilman Dombrowski von Bayer.

Auch in einer Daimler-Anlage stellte sich anhand der Messwerte heraus, dass für einen verbauten Sensor eine abweichende Position dokumentiert war. In einem Rückkühlwerk eines Stahlwerks konnte thyssenkrupp Energiemanager Hans-Peter Domels mithilfe der entwickelten Software Energieeinsparungen von bis zu 15 Prozent erzielen. »Wir haben neue Fahrweisen ausprobiert, mit denen bei kühlen

Temperaturen die Kühltürme besser ausgelastet sind und so die Kältemaschinen entlasten. Dieser Effekt ist nicht so offensichtlich zu sehen, wenn nicht alle Messdaten an einer Stelle gebündelt und visualisiert werden«, so Domels.

Carsten Klemm, Energiemanager im Daimler-Werk Marienfelde, konstatiert: »Wir haben die generelle Anwendbarkeit der Optimierung im Betrieb bewiesen. Mit der Ausweitung auf andere Systeme für höhere Einsparungen steht uns jedoch noch Arbeit bevor.«

### VOLLAUTOMATISIERT ODER VORSCHLAGSBASIERT?

Wie immer im Zusammenhang mit Automatisierung stellt sich auch bei diesem Projekt die Frage: Wie hoch ist die Akzeptanz der Industrie für vollautomatisierte Lösungen? Bevorzugen Unternehmen nicht eher Systeme, die nur Vorschläge zur Optimierung machen, anstatt direkt in die Regelung der Maschinen einzugreifen?

Peter Voß von Daimler verneint das: »Ein Assistenz-System mit Vorschlägen sehe ich eher als Brückentechnologie. Das Bedienpersonal braucht einen freien Kopf, um die Fahrweise zu überwachen und gegebenenfalls Probleme zu beheben.« Einer weiteren Automatisierung der Energieoptimierung gegenüber wäre er also durchaus positiv gestimmt.

Das 2019 abgeschlossene Projekt EnEffReg wurde gefördert durch das BMWi unter dem Förderkennzeichen 03ET1313A-E.

IHR ANSPRECHPARTNER

**Gregor Thiele** | +49 30 39006-394

gregor.thiele@ipk.fraunhofer.de



In den Bayer-Laboren in Berlin müssen die Umgebungsbedingungen genau kontrolliert werden. Die großen Belüftungsschächte im Bild gehören zu den versorgungstechnischen Anlagen, die dafür eingesetzt werden. © Bayer AG

# Rundum Energie sparen

Wir entwickeln Assistenzsysteme für die energieeffiziente **Produktentwicklung** und **Prozessplanung**.



Wir unterstützen Kunden in der nachhaltigen **strategischen Ausrichtung** ihres Unternehmens.

Auf Grundlage integrierter Modelle analysieren wir Prozesse und Ressourcenverbrauch und stellen kontextuelle Planungssichten und Auswertungen zusammen.



Wir helfen dabei, schon während der **Produktentwicklung** zu prognostizieren, wo im Produktlebenszyklus wie viel Energie verbraucht werden wird.

Wir nutzen Digitale Produktzwillinge zur Energieoptimierung, entwickeln semantische Netze und analysieren Datenflüsse, um Entscheidungswege abzubilden.



Wir befähigen Unternehmen dazu, ihre **Produktion** auftragsindividuell energieeffizient zu **planen**.

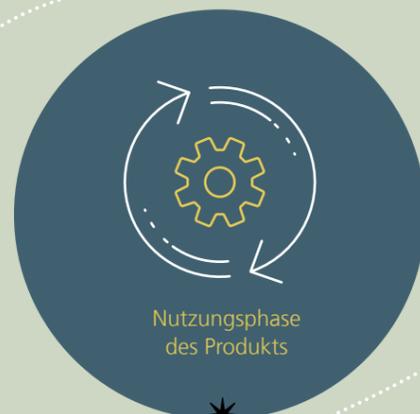
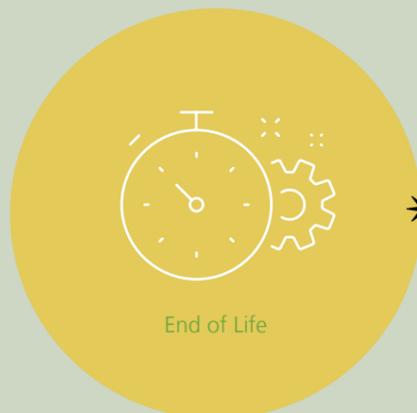
Wir stellen Methoden bereit, um Aufträge ad-hoc einzuplanen und energetisch zu bewerten.

Wir entwickeln IT-Systemarchitekturen, Konzepte und Software-Prototypen, um unseren Kunden eine datengestützte Produktionsplanung zu ermöglichen. Dabei nutzen wir Feedback aus der laufenden Produktion und simulieren mit Digitalen Fabrikzwillingen energieoptimierende Verfahren, die nicht an realen Anlagen erprobt werden können.



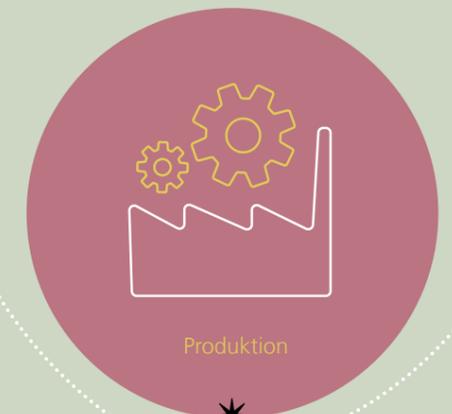
Wir befähigen Unternehmen dazu, mithilfe von OpenSource-Hardware und -Software **dezentrale urbane Produktion** zu **realisieren**.

In Makerspaces und anderen innovativen Formaten vermitteln wir Wissen zu Technologien und Methoden der umweltfreundlicheren dezentralen Produktion.



Wir berücksichtigen die **Nutzungsphase** und **End of life-Phase von Produkten** im Hinblick auf ihre Energieeffizienz von Anfang an im Produktionsprozess.

Das Feedback zu den Energieverbrauchsdaten fließt in Produktentwicklung und Produktionsplanung ein und wird auf Prozess- und IT-Systemebene integriert.



Wir erleichtern es Firmen, so **energieeffizient** wie möglich zu **produzieren**.

Wir entwickeln individuelle Energiemonitoring-Lösungen auf Basis flexibler Sensorik und Messsysteme. Die so gewonnenen Daten bilden die Grundlage für die Optimierung des Betriebs von Werkzeugmaschinen und Produktionsanlagen.

Wir erarbeiten gemeinsam mit unseren Kunden Lösungen, um versorgungstechnische Anlagen automatisch energieeffizient zu regeln. Wir analysieren die Bewegungen von Industrierobotern und optimieren Programme und einzelne Trajektorien.

Für viele Unternehmen ist es heute ein überzeugendes Verkaufsargument, wenn ein Produkt nachweislich energiesparend hergestellt wurde. Am Fraunhofer IPK entwickeln wir deshalb ein breites Spektrum von Lösungen, um in jedem Schritt des Produktlebenszyklus transparent sicherzustellen, dass möglichst wenig Energie verbraucht wird.

# Klimaneutral produzieren Kleine Schritte, große Wirkung

**Neben der weiter voranschreitenden Digitalisierung ist die CO<sub>2</sub>-freie Produktion eines der wichtigsten Trendthemen in der Industrie. Viele Großunternehmen haben sich bereits feste Ziele gesetzt, bis wann sie welche Mengen CO<sub>2</sub> einsparen wollen.**

Wo können Unternehmen, insbesondere im mittelständischen Umfeld, am besten ansetzen, wenn sie klimaneutral produzieren wollen? Wie können Sie den Energieverbrauch pro bearbeitetem Werkstück am deutlichsten reduzieren? Energetische Maßnahmen in der Gebäudeinfrastruktur oder energieeffiziente Automatisierungslösungen sind zwar unbestritten wirksam, häufig aber mit hohen Investitionen verbunden. Eine smarte, weil kostengünstige und praxisnahe Alternative sind mobile Assistenzsysteme für den Shopfloor. Sie unterstützen nicht nur die Mitarbeiter in der Produktion bei der energiesparenden Auslastung von Fertigungsanlagen, sondern nutzen umgekehrt auch deren oft intuitives Erfahrungswissen in der Bedienung von Werkzeugmaschinen. Im Ergebnis können auch kleine und mittlere Unternehmen den Energieverbrauch ihres Shopfloors optimieren und die Energieeffizienz ihrer Produkte steigern.

>> Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Produktion bieten Assistenzsysteme entscheidende Vorteile: Sie erweitern ihren Handlungsspielraum, geben Orientierung und Entscheidungshilfe bei zunehmend komplexeren Aufgaben und sorgen für Entlastung.<<

Tatsache ist, dass bei Werkzeugmaschinen eine Vielzahl an Nebenaggregaten den größten Anteil des Stromverbrauchs ausmacht. Kommt es aufgrund von Prozessstörungen zu ungeplanten Stillständen, laufen sie einfach weiter. Dabei verursachen sie einen erheblichen Energieverbrauch, ohne dass eine Wertschöpfung, das heißt eine Bearbeitung des zu fertigenden Produkts stattfindet. Intelligente Assistenzsysteme zeigen auf der Basis von Sensordaten aus der Prozessüberwachung dem Maschinenbediener solche

Prozessstörungen direkt während der Bauteilbearbeitung an. Auf diese Weise kann der Mitarbeiter selbst dann noch schnell reagieren, wenn er sich gerade an einer anderen Maschine befindet. Dieses Szenario aus der mannarmen Produktion kann mithilfe von Künstlicher Intelligenz sogar noch weiter gedacht werden: Mit KI ausgestattete Assistenzsysteme würden bereits auf der Basis von Erfahrungsdaten dem Bediener melden, wenn lediglich Hinweise auf eine drohende Störung im Prozess vorliegen. Gleichzeitig würde der Bediener Vorschläge erhalten, wie der Prozess korrigiert werden kann, bevor es zum ungeplanten Stillstand kommt. Damit könnten Hersteller die Prozessstabilität erheblich verbessern und die Energie- und Kosteneffizienz ihrer Produktion gleichermaßen steigern. Durch den vergleichsweise geringen Investitionsaufwand ist zudem ein unternehmerisch attraktiver, kurzfristiger Return-on-Invest realisierbar.

Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Produktion bieten solche Assistenzsysteme entscheidende Vorteile: Sie erweitern ihren Handlungsspielraum, geben Orientierung und Entscheidungshilfe bei zunehmend komplexeren Aufgaben und sorgen für Entlastung in Bereichen mit hohem Leistungsdruck. Voraussetzung ist, dass sie konsequent praxisbezogen ausgelegt sind. Dafür sollten die Messdaten der Prozessüberwachung mit einer auf hohem Niveau entwickelten User Experience (UX) verknüpft werden, die die Eindrücke und Reaktionen der Nutzer während der Interaktion mit dem jeweiligen Assistenzsystem berücksichtigt. Können Maschinenbediener darüber hinaus ihre Kompetenzen einbringen, vielleicht sogar zugrundeliegende KI-Algorithmen mit dem eigenen Wissen trainieren, und behalten sie die Entscheidungshoheit über ihre Prozesse, wirkt sich das positiv auf ihre Akzeptanz gegenüber solchen Systemen aus. Die Erfahrung, mit der eigenen Tätigkeit direkt zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Unternehmen beizutragen und einen persönlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, sorgt dann nicht zuletzt für eine hohe Mitarbeitermotivation.

© Matthias Pilch



**Prof. Dr.-Ing. Alexander Mattes**, Jahrgang 1978, studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und promovierte 2008 im Bereich spanende Fertigung am Fraunhofer IPK in Berlin. Nach verschiedenen Stationen und Führungspositionen bei Rolls-Royce Deutschland, der Siemens AG sowie Multivac SE ist er seit 2018 Professor für Fertigungstechnologie an der Fachhochschule Kiel. Am dortigen Institut für CIM-Technologietransfer (CIMTT) treibt er vor allem die Entwicklung von Assistenz-Apps für Anlagenbediener voran. »Facharbeiter sind die zentralen Know-how-Träger in der Produktion. Mit der Einführung von Edge Computing an Fertigungsanlagen ermöglichen wir ihnen, Sensordaten direkt für die Optimierung ihrer Prozesse zu nutzen,« fasst der Fraunhofer-Alumnus seinen aktuellen Forschungsschwerpunkt zusammen.

# Aus Abfall mach Kunststoff

© Mika Baumeister / Unsplash



Ein neuartiger Kunststoff kann aus Abfällen produziert und ganz einfach in unter einem Jahr abgebaut werden.



So sieht das Rohmaterial des Biopolymers PHB direkt nach der Synthese aus.

Rohöl wird aus der Erde geholt und mittels teilweise toxischer Chemikalien zu Kunststoff verarbeitet. Aus diesem wird eine Flasche hergestellt, die einmal gebraucht und sofort entsorgt wird. Monate später landet sie im Meer, wo sie von der Strömung mitgenommen wird und sich der großen Pazifischen Müllinsel anschließt. Dort dürfte sie die nächsten Jahrhunderte überdauern, bis sie schließlich von den Wellen zerrieben wird – vorausgesetzt wir finden bis dahin keine Möglichkeit, den Müll wieder aus dem Ozean zu ziehen.

So sieht klassischerweise heute der Lebenszyklus einer Einwegplastikflasche aus. Kunststoffe sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie werden nicht nur zu Verpackungen und Konsumgütern verarbeitet, sondern sind auch in industriellen Anwendungen wie dem Automobilbau oder der Medizintechnik unerlässlich.

Kunststoffe aus fossilen Rohstoffquellen werden nur in begrenztem Umfang wiederverwendet und recycelt, zudem werden sie nur sehr langsam abgebaut und verschmutzen die Umwelt nachhaltig. So weit, so altbekannt.

Weil Kunststoffe überall auf der Welt genutzt werden und letzten Endes auch unser aller Weltmeere verschmutzen, braucht es dringend globale Verwertungsstrategien. Immer mehr Regierungen setzen daher auf Verbote, um des Plastikmülls Herr zu werden. Bisher können fossile Kunststoffe nicht im großen Stil ersetzt werden – aber Not macht ja bekanntlich erfinderisch.

Das BMBF hat deshalb die Forschungsinitiative »Bioökonomie International« ins Leben gerufen, in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IPK, dem Fachgebiet für Bioverfahrenstechnik der TU Berlin, regionalen Industriepartnern und internationalen Forschungspartnern aus Malaysia, Kolumbien und den USA.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickelten ein Verfahren zur Produktion von Polymeren, das ohne hochwertige Rohstoffe wie Mineral-, Palm- oder Rapsöl auskommt, deren Verarbeitung für die Umwelt sehr schädlich ist.

Der Kunststoff Polyhydroxybuttersäure (PHB) wird in dem neuen Verfahren aus industriellen Reststoffen

**PHB-Kunststoffe in verschiedenen Formen**  
 Im Uhrzeigersinn von oben links: Compoundiertes und granuliertes PHB, extrudierte PHB-Folie, Musterbauteile, spritzgegossene Probekörper.

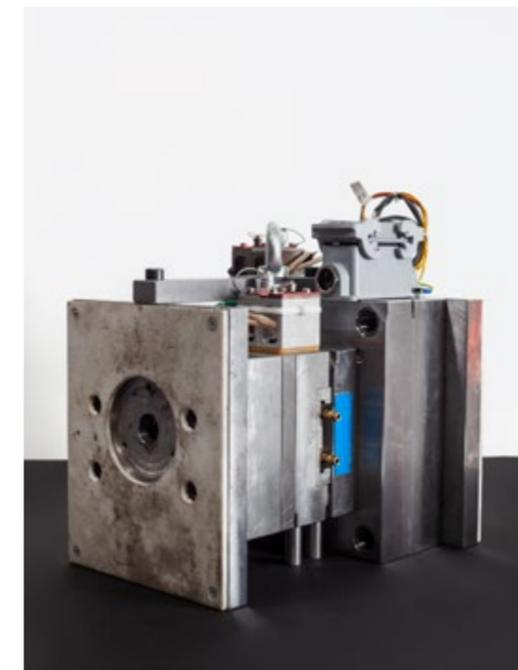


wie beispielsweise Abfallfetten mit hohem mineralischem Reststoffanteil hergestellt. In speziellen Fermentationsprozessen können Mikroorganismen diese Reststoffe verstoffwechseln und lagern das PHB als Energiespeicher in der Zelle ein. Nachdem der Kunststoff aus der Zelle herausgelöst ist, ist er allerdings noch nicht industriell verwertbar, weil er viel zu langsam erstarrt. Durch spezielle Nachbearbeitungsschritte wird das Rohmaterial mit chemischen Zusatzstoffen gemischt. Das Ergebnis ist ein Kunststoff, der Polypropylen (PP) vergleichbare Eigenschaften aufweist. Im Gegensatz zu PP ist er allerdings in einem Zeitraum von sechs bis zwölf Monaten vollständig abbaubar.

Bei dieser Art der Kunststoffherstellung werden die Polymere vollständig durch Mikroorganismen biotechnologisch synthetisiert. Dazu werden biogene Reststoffe (z. B. Abfallfette) in technisch nutzbare Polyester umgewandelt. Als Biokatalysatoren werden dabei molekulargenetisch modifizierte Mikroorganismen eingesetzt. Mithilfe chemischer Reinigungsprozesse und einer umfangreichen Werkstoffoptimierung konnte so eine neuartige Werkstofffamilie entwickelt werden, die den Anforderungen an technische Kunststoffe entspricht.

Das neue Verfahren kommt nicht nur komplett ohne erdölbasierte Synthesebestandteile aus, es ermöglicht auch einen umweltverträglichen Recyclingprozess. Die entwickelten Kunststoffe können durch natürlich vorkommende Mikroorganismen abgebaut werden und sind dabei nicht an spezifische Abbaubedingungen in industriellen Kompostanlagen gebunden. Vor allem Einwegprodukte und sonstige Wegwerfartikel können dadurch auf umweltschonende Art hergestellt und abgebaut werden.

Auch hochwertige Kunststoffteile für bestimmte technische Verwendungszwecke und -dauern können auf diese Weise hergestellt werden. Solche Produkte unterliegen natürlich besonderen qualitativen Ansprüchen. Sie benötigen spezielle Form- und Lagetoleranzen oder Oberflächenqualitäten, oder müssen besonders präzise reproduzierbar sein. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, entwickelten die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen hochspezialisierte Replikationsprozesse. Indem sie Plastifizierungs- und Verarbeitungsparameter anpassten, konnten die Forschungsteams beispielsweise die Rekrystallisationszeit so modifizieren, dass sie den industriellen Anforderungen an die Verarbeitungszeit gerecht wurde.

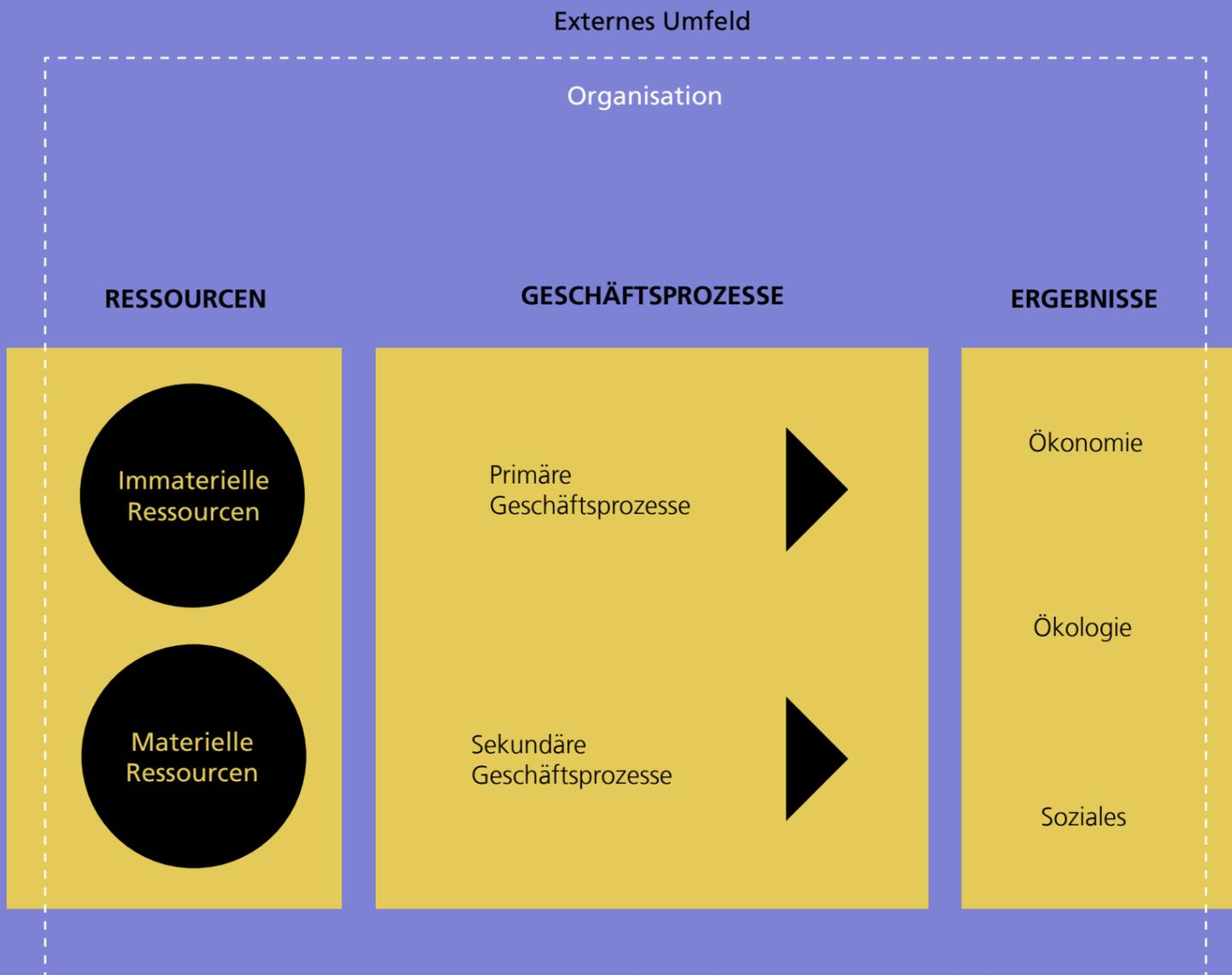


Das Team des Fraunhofer IPK entwickelte dieses Spritzgusswerkzeug zur Replikation der Musterbauteile.

>> Das neue Verfahren kommt nicht nur komplett ohne erdölbasierte Synthesebestandteile aus, es ermöglicht auch einen umweltverträglichen Recyclingprozess. <<

# Integrated Thinking

## Der Weg ist das Ziel



Das Fraunhofer-Referenzmodell zur Gestaltung einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung liefert die grundlegende Struktur für das Integrierte Nachhaltigkeitscockpit.

## Der bilanzierende Unternehmensbericht war gestern. Heute sind Geschäftsberichte Rückschau und Ausblick in einem, ihre Erstellung wird zum strategischen Werkzeug.

Ein Unternehmensbericht ist Muss und Chance zugleich. Etwa ein Drittel der deutschen Unternehmen ist gesetzlich verpflichtet, seinen Jahresabschluss zu veröffentlichen. Seit 2018 müssen kapitalmarktorientierte Unternehmen ab einer bestimmten Größe zudem über bestimmte nicht-finanzielle Aspekte, wie ihren Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz informieren. Das mag auf den ersten Blick wie eine aufwändige Pflicht erscheinen. De facto bietet die Berichterstattung zur sozialen Verantwortung den Unternehmen aber vielfältige Möglichkeiten, sich umfassend zu präsentieren und für Investoren und andere Stakeholder interessant zu machen. Es ist daher nicht nur gesetzlichen Vorgaben geschuldet, dass die Unternehmensberichterstattung sich seit einigen Jahren im Wandel befindet. Die meist vergangenheitsorientierte Finanzberichterstattung wird zunehmend durch stärker auf zukunftsorientierte Aspekte abzielende Berichtsformen wie Nachhaltigkeitsberichte und integrierte Berichte ergänzt.

>> Getreu dem Motto »Der Weg ist das Ziel« kann der Prozess der Erstellung eines integrierten Berichts im Unternehmen das »Integrated Thinking« fördern. <<

Die integrierte Berichterstattung verfolgt das Ziel, unterschiedliche Berichtsinstrumente zu verzahnen. Aus nebeneinander stehenden Finanz- und Nachhaltigkeitsberichten entsteht im Idealfall ein Unternehmensbericht, der wesentliche Aspekte der Wertschöpfung thematisiert. Empfehlungen zur Erstellung eines integrierten Berichts liefert beispielsweise das Rahmenwerk des International Integrated Reporting Councils (IIRC). Demnach stellt ein integrierter Bericht das Geschäftsmodell eines Unternehmens in den Mittelpunkt und beschreibt Zusammenhänge zwischen ökonomischen, sozialen, umwelt- und governance-relevanten Themen. Dabei

soll vor allem dargestellt werden, wie Unternehmen in der kurz-, mittel- und langfristigen Perspektive Wert generieren.

### INTEGRATED THINKING MADE BY FRAUNHOFER IPK

Durch die integrierte Berichterstattung soll zudem die interne Managementsicht stärker nach außen getragen werden, um externen Stakeholdern einen umfassenderen Blick auf das Unternehmen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang ist es naheliegend, noch einen Schritt weiter zu gehen und das Reporting als strategisches Managementinstrument im Inneren zu nutzen. Getreu dem Motto »Der Weg ist das Ziel« kann der Prozess der Erstellung eines integrierten Berichts im Unternehmen das sogenannte »Integrated Thinking« fördern. Dessen Ziel wiederum ist es, die isolierte Betrachtung einzelner Themengebiete (»Silodenken«) aufzuheben. Dazu sollen ausgehend vom Geschäftsmodell des Unternehmens die finanziellen und nicht-finanziellen Auswirkungen der Unternehmenstätigkeit und deren Zusammenhänge dargestellt werden.

Das Fraunhofer IPK treibt die Idee des Integrated Thinking auf die Spitze, indem es alle für das Reporting relevanten Unternehmensaspekte von vornherein in einem Unternehmensmodell verankert, aus dem letzten Endes nicht nur Berichte abgeleitet werden. Das Referenzmodell kann jedes Unternehmen in seiner Individualität abbilden. Es fußt auf der grundlegenden Annahme, dass neben dem schonenden Umgang mit materiellen Ressourcen (z. B. Rohstoffe, Energie, Betriebsmittel) insbesondere immaterielle Ressourcen (z. B. Wissen und Fähigkeiten der Beschäftigten, eine förderliche Unternehmenskultur oder Stakeholderbeziehungen) zentrale Erfolgsfaktoren einer nachhaltigen Unternehmensentwicklung darstellen. All diese Aspekte bilden daher einen Teil des Referenzmodells. Zusätzlich zu dem Modell stellt das Fraunhofer IPK aufeinander abgestimmte Instrumente und

>> Digitale Berichte können im Gegensatz zum Printbericht, der eine Momentaufnahme nachhaltigkeitsbezogener Informationen darstellt, ständig aktualisiert werden. <<

Vorgehensweisen für Analyse, Planung, Steuerung und Berichterstattung im Unternehmen bereit. Dazu gehört für die Analyse und Steuerung der betrieblichen Prozesse, Ressourcenbasis und Nachhaltigkeitsleistung neben Selbstbewertungsverfahren und einem Kennzahlenkatalog auch ein Reportingsystem.

#### ALLES IM BLICK MIT DEM NACHHALTIGKEITSCOCKPIT

Das zentrale Tool der Fraunhofer IPK-Lösung ist das integrierte Nachhaltigkeitscockpit (INC), das Nachhaltigkeitsaspekte in konventionellen Managementsystemen verankert. Das System macht sich den Umstand zunutze, dass heutzutage digitale Analyse- und Visualisierungstechniken einen wesentlichen Beitrag zur Unterstützung betrieblicher Entscheidungsprozesse leisten. Es entstand ein Controlling- und Reportinginstrument, das auf Instrumente aus dem Bereich der Business Analytics zurückgreift. Das Tool systematisiert den Prozess von der Informationsbeschaffung und analyse bis hin zur Entscheidungsfindung und unterstützt damit nicht nur das Integrated Reporting, sondern fördert vor allem auch das Integrated Thinking im Unternehmen.

Zahlreiche Interaktionsmöglichkeiten bieten der Anwenderin oder dem Anwender weitreichende Optionen, eigene Analysepfade frei zu gestalten. Das Cockpit unterstützt beispielsweise das Monitoring von Schlüsselkennzahlen, kann für die Identifikation von Problemen genutzt sowie zur Nachverfolgung von Maßnahmen oder zur Überwachung einer erfolgreichen Strategieumsetzung eingesetzt werden. So können Entscheiderinnen und Entscheider Chancen und Risiken besser verstehen, Entscheidungsalternativen bewerten und sich unternehmensweit austauschen. Die Inhalte des Cockpits sind außerdem als Grundlage für interne und externe Kommunikationsaktivitäten nutzbar.

#### VORTEILE DIGITALER BERICHTERSTATTUNG

Die Digitalisierung ermöglicht es, klassische Print und PDF-Formate abzulösen und sich stärker für interaktive Formate der Berichterstattung zu öffnen. Digitale Berichte können im Gegensatz zum Printbericht, der eine Momentaufnahme nachhal-

tigkeitsbezogener Informationen darstellt, ständig aktualisiert werden. Umfangreiche Detailinformationen lassen sich zielgruppengerecht bereitstellen. Anwenderinnen und Anwender können dank Such- und Filtermechanismen die für sie wesentlichen Inhalte schnell auswählen und erfassen. Außerdem ermöglicht das digitale Reporting eine Verknüpfung von Berichtsinhalten. Durch entsprechende Verlinkungen können Zusammenhänge verständlich dargestellt werden. Interaktive Datenanalysen und die Visualisierung anhand unterschiedlicher Diagramme, Portfolios und Tabellen fördern die kommunikative Qualität des digitalen Berichts.

#### KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND REPORTING

Künstliche Intelligenz rückt immer stärker in den Fokus von Forschung und Praxis. Experten sind sich einig, dass zukünftig auch die Unternehmensberichterstattung von Künstlicher Intelligenz (KI) und Machine Learning massiv beeinflusst wird. KI-Anwendungen im Reporting können bei der Auswertung und Visualisierung von Daten nützlich sein, wichtige Kausalitäten aufzeigen und repetitive Prozesse wie die Qualitätskontrolle des Berichtswesens optimieren. Bald dürften neue universelle Reporting-Standards entwickelt werden, die unabhängig von Sprachen, Firmen und Branchen automatische Analysen unterstützen.

KI-gestützte Reporting-Systeme bringen aber auch Herausforderungen mit sich und verlangen ein ausgeprägtes Verständnis der Datenlage. Hierfür werden Unternehmen künftig entsprechende Kompetenzen aufbauen müssen. Daher sind sich die Expertinnen und Experten auch darin einig, dass Technologie alleine nicht ausreicht – fundiertes Hintergrundwissen wird unabdingbar bleiben.

IHR ANSPRECHPARTNER

**Dr.-Ing. Ronald Orth** | +49 30 39006-171  
ronald.orth@ipk.fraunhofer.de

Mittelständische Unternehmen wollen wissen, wie nachhaltig sie wirtschaften. In einem laufenden Projekt bekommen sie dazu kostenfreie Benchmarkingberichte.

So sieht Mittelstand heute aus: Sirri Haydar ist ein moderner, mittelständischer Unternehmer. Seine Firma HS Dienstleistungen hat ihren Sitz in Mainhausen, seit zwanzig Jahren werden von dort aus Reinigungsservices im Rhein-Main-Gebiet ausgeführt. Bodenständiger geht es kaum.

Herrn Haydar ist es wichtig, dass das Unternehmen nicht nur Profite abwirft, sondern auch nachhaltig und sozial verträglich wirtschaftet. Deswegen entwickelte er ein System, mit dem 80 Prozent weniger Chemikalien im Reinigungsmittel eingesetzt werden und dennoch die gleiche Reinigungsleistung wie die herkömmlicher Produkte erzielt wird. In einer Zeit, in der die Kundschaft immer mehr Wert auf Nachhaltigkeit legt, kann das für die HS Dienstleistungen GmbH ein Wettbewerbsvorteil sein. »Als Mittelständler ist es mit unseren Ressourcen jedoch schwierig, diese Innovation gegenüber den Kunden zu belegen und zu kommunizieren«, so Haydar.

#### INTRINSISCHE MOTIVATION

Haydar trifft damit den Nerv der Zeit. Er ist einer von vielen mittelständischen Unternehmen, die das Thema Nachhaltigkeit für sich entdeckt haben. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind meist fest verwurzelt in ihrem regionalen und sozialen Umfeld. Sie empfinden eine besondere Verantwortung gegenüber ihrer Region, ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und der Gesellschaft. Als Zulieferer sind KMU außerdem besonders häufig von Ressourcenverknappung betroffen und müssen sich daher umso mehr mit Alternativen beschäftigen.

Auch Regina Brückner von Brückner Trockentechnik GmbH, einem Anlagenhersteller für die Textilindustrie, setzt sich für den sparsamen Umgang mit Ressourcen ein: »Unsere Kunden stehen gegenüber den großen Handelskonzernen unter großem Druck – sie müssen ihre Maßnahmen zur Steigerung einer nachhaltigen Produktion nachweisen. Wir bieten unseren Kunden dazu umfassende Lösungen – von hocheffizienten Anlagen, die deutlich weniger Ressourcen verbrauchen (wie Wettbewerbsmaschinen) über Schulungen als auch intelligente Simulationswerk-

zeuge zur Verbesserung der Energieeffizienz unserer Anlagen.«

#### DIE SUCHE NACH SUBSTITUTEN

Auf noch wenig genutzte Verpackungsmaterialien setzt beispielsweise der Kosmetikerhersteller Kneipp. Steinpapier ersetzt nun zum Teil herkömmliche Papiersorten. Durch die Substituierung des Verpackungsmaterials können große Mengen Wasser eingespart werden, die in der herkömmlichen Papierherstellung eingesetzt werden.

Die Suche nach neuen Materialien birgt allerdings ihre eigenen Herausforderungen. Manuela Fischer, Geschäftsführerin des Architekturbüros planen + bauen aus Osnabrück, erzählt: »Es ist schwierig, bezahlbaren Ersatz für erdölbasierte Baustoffe zu finden. Einerseits fehlt es an unabhängigen Portalen, auf denen man Informationen zu nachhaltigen Ersatzprodukten und deren Lieferanten findet, andererseits können diese die Baustoffe oft nicht in ausreichender Menge liefern. Eine weitere Problematik liegt in den langen Lieferwegen. Wenn der Lieferant am anderen Ende Deutschlands sitzt, ist die Beschaffung der Materialien nicht zwangsläufig nachhaltiger.«

#### NACHHALTIGKEIT ALS CHANCE

Welche Vorteile versprechen sich Unternehmerinnen und Unternehmer also davon, das Thema Nachhaltigkeit auf die Agenda zu setzen? Sie sehen zum einen direkte, offensichtliche Vorteile: Wer weniger Material effizienter einsetzt, spart dadurch Geld. Zum anderen können sie ihre Firma so auch besser und zukunftsfähiger im Wettbewerb positionieren. Die Auseinandersetzung mit sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit steigert zudem die Attraktivität des Arbeitgebers für die jüngere Generation und dient damit als vorbeugende Maßnahme gegen den drohenden Fachkräftemangel.

»Für mittelständische Unternehmen ist es wichtig, sich mit den Chancen und Risiken des Klimawandels, der Ressourcenverknappung sowie des demographischen Wandels

für das eigene Geschäftsmodell zu befassen und die Auswirkungen der eigenen Geschäftstätigkeit zu kennen«, so Max Kettner vom Bundesverband mittelständische Wirtschaft (BVMW). »Mit der Erhebung relevanter Daten können diese sowohl extern an Kunden, Geschäftspartner und Geldgeber kommuniziert werden sowie für das interne Management verwendet werden.«

#### UNTERSTÜTZUNG FÜR MITTELSTÄNDISCHE UNTERNEHMEN

Der BVMW und das Fraunhofer IPK bieten mit dem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt »Mittelstand. Ressource – Nachhaltigkeitsbenchmarking für mittelständische Unternehmen« kleinen und mittleren Unternehmen einen Einstieg in ein strategisches Nachhaltigkeitsmanagement. Unternehmen analysieren mithilfe eines im Projekt ausgearbeiteten Kriterienkatalogs ihre Stärken und Schwächen, vergleichen ihre Nachhaltigkeitsleistung und erkennen dadurch individuelle Potenziale. Für den Kriterienkatalog wurden über 1.700 existierende Kennzahlen aus marktüblichen Nachhaltigkeitsanalysen gesichtet und speziell auf die Bedürfnisse des Mittelstands zugeschnitten. Übrig geblieben ist ein Fragenkatalog mit 43 Kennzahlen, der im Rahmen des Projekts branchenübergreifend erprobt und finalisiert wird.

#### GUT ZU WISSEN

**Mittelstand.Ressource – Nachhaltigkeitsbenchmarking für mittelständische Unternehmen:** Unternehmen haben während des bis Ende 2020 laufenden Projekts die Möglichkeit, die Kennzahlen im eigenen Betrieb zu erheben und kostenfrei einen Benchmarkingbericht zu erhalten. Anmeldung unter [www.mittelstand-nachhaltig.de](http://www.mittelstand-nachhaltig.de)

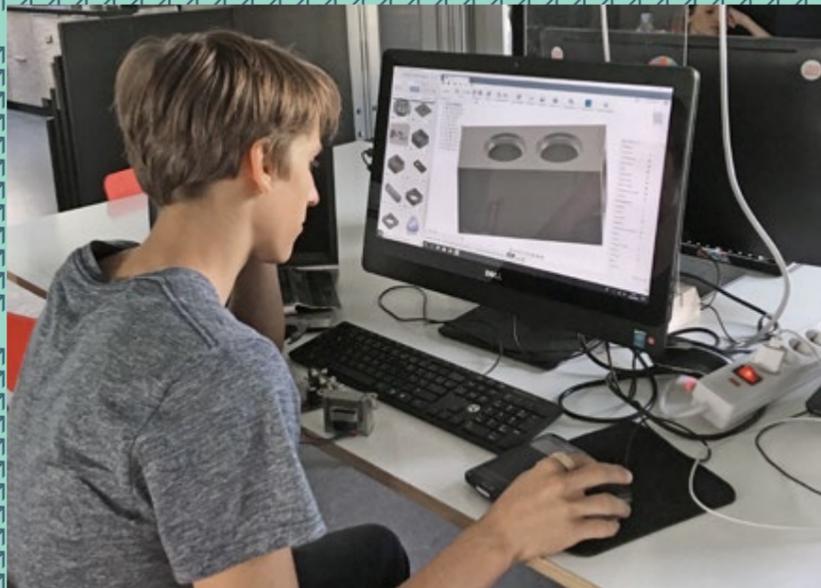


IHR ANSPRECHPARTNER  
**Mila Galeitzke** | +49 30 39006-347  
[mila.galeitzke@ipk.fraunhofer.de](mailto:mila.galeitzke@ipk.fraunhofer.de)

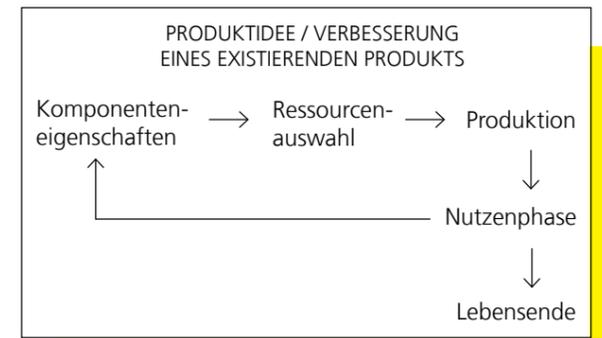
# Ökologisch gut Produkte aus Makerspaces



Ein Schüler der Wilma-Rudolph-Oberschule gestaltet im Fab Lab Berlin bei einem mehrtägigen Hackathon eine kleine Soundbox. Zuvor hatten die Schülerinnen und Schüler eine Nachhaltigkeitseinführung und eine 3D-Modellierungseinführung bekommen. © IWF TU Berlin



Anhand gezielter Fragestellungen werden die Maker durch den Entscheidungsprozess für das eigene Projekt begleitet.



Σ ENTSCHEIDUNG



## Im Forschungsprojekt »ecoMaker« nahmen Wissenschaftlerinnen des IWF der TU Berlin gemeinsam mit Partner-Labs die Nachhaltigkeit von offenen Werkstätten unter die Lupe.

Dezentral, flexibel, individuell, kollaborativ. Das sind die Kriterien, an denen moderne Produktionsformen heute gemessen werden. In Großstädten aber auch in ländlichen Gebieten eröffnen immer neue Makerspaces und FabLabs – offene Werkstätten, die Technologietrends wie 3D-Druck, aber auch klassische Fertigungsverfahren wie Laserschneiden und Fräsen einer breiten Nutzergruppe zur Verfügung stellen. Die reicht von privaten Tüftlern und Forschern bis hin zu Innovationsmanagerinnen von Startups. Über 270 solcher Makerspaces gibt es mittlerweile allein im deutschsprachigen Raum. Frei nach dem Motto »Versuch macht klug« steht hier das Ausprobieren von neuen Materialien und Technologien zusammen mit Gleichgesinnten im Vordergrund; Fehler sind ausdrücklich erlaubt. Aber wie nachhaltig arbeiten die Nutzerinnen und Nutzer von Makerspaces und FabLabs? Wie umweltfreundlich sind die Produkte, Prototypen oder auch Hacks, die sie herstellen?

Wissenschaftlerinnen des IWF der TU Berlin haben in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt die deutsche Maker-Szene untersucht und auf

ihre ökologische Nachhaltigkeit geprüft. Das Fazit von »ecoMaker«: Die Szene zeichnet sich durch ihr gesellschaftliches und ökologisches Bewusstsein aus, aber sie ist zu heterogen, um dieses Bewusstsein systematisch für die Produktentwicklung vor Ort zu erschließen. Zusammen mit zwei FabLabs aus Berlin und Brandenburg haben die IWF-Expertinnen deshalb spezifische Lösungen entwickelt, um Methoden und Ansätze für eine umweltfreundliche Produktentwicklung in offenen Werkstätten zu etablieren. Neben Workshops zum umweltschonenden Ressourceneinsatz und moderierten ecoMaker Designsprints soll ein webbasierter Produktkonfigurator künftig bei der Entwicklung von ökologisch nachhaltigen Produkten unterstützen. Mit dem ecoMaker Check können Nutzer vorab eine vereinfachte Ökobilanzierung für ihre Prototypen und Produkte durchführen – von der Ressourcenauswahl bis zum Lebensendeszenario – und erhalten im Ergebnis eine Voraussage über deren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

Anleitungen zum Nachbau von Produkten, Best Practice-Beispiele und vertiefendes Fachwissen werden zudem frei zugänglich

auf einer Lernplattform angeboten. Neben Inspiration bietet die Plattform Nutzern auch die Möglichkeit, ihre Projekte aktiv vorzustellen und von anderen Community-Mitgliedern bewerten zu lassen. Zusätzlich können Interessierte in einer virtuellen Ausstellung die gängigsten Materialien und Prozesse kennenlernen und verschiedene Design for Environment-Ansätze erkunden.

Wie erfolgreich Maker, also die Nutzer von Makerspaces und FabLabs sind, wenn sie systematisch nachhaltig agieren, haben die Projektpartner in einer dreimonatigen Workshopserie unter Beweis gestellt. Zwei Startup-Teams haben hier vom ersten Designkonzept bis zum finalen Prototypen Produkte entwickelt und hergestellt, darunter eine modulare Werkbank sowie eine App für das Echtzeit-Tracking und die Visualisierung von Wasserverbrauch.

IHRE ANSPRECHPARTNERIN  
**Antje Klemichen** | +49 30 39006-449  
antje.klemichen@tu-berlin.de

# Umweltverträglich Schweißen

**Um zu garantieren, dass mit Schweißverfahren hergestellte Produkte ökofreundlich sind, müssen die Umweltwirkungen entlang ihres Lebenszyklus transparent bilanziert werden.**

Ob Medizintechnik, Automobilindustrie oder Schiffbau, keine Branche kommt ohne Schweißen aus. Schweißverfahren sind heutzutage so vielseitig anwendbar, dass kaum ein größeres Industrieprodukt hergestellt wird, ohne dass dabei in irgendeiner Form geschweißt wird. Mittlerweile werden viele metallische Bauteile additiv gefertigt – auch das ist ein schweißtechnisches Fertigungsverfahren.

Welche Auswirkungen Schweißverfahren auf die Umwelt haben, darüber ist bisher aber noch kaum etwas bekannt. Das macht es fertigen Unternehmen schwer, im Entstehungsprozess eines Produktes Überlegungen zum Umweltschutz zu berücksichtigen. Die Nachfrage seitens der Industrie nach Verfahren für die Ökobilanzierung beim Schweißen ist deshalb enorm, schließlich handelt es sich um ein energie- und ressourcenintensives Fertigungsverfahren.

Für andere Fertigungsverfahren ist die Methode der Ökobilanzierung schon längst als Werkzeug etabliert. Warum gelingt es produzierenden Unternehmen also bisher kaum, die Ökobilanzierung von Schweißverfahren durchzuführen? Häufig wissen die Entscheidungsträgerinnen und -träger nicht, welche Einflussgrößen für die Bilanzierung relevant sind. Damit fällt es ihnen schwer, den Aufwand bei der Durchführung abzuschätzen. Um es den Unternehmen leichter zu machen, müssen die einzelnen Arbeitsschritte

der Ökobilanzierung deshalb automatisiert werden. So können Unternehmen sie in ihre schweißtechnische Dokumentation einfließen lassen, ohne dass dadurch ein wesentlicher Aufwand entsteht.

## INPUT PLUS OUTPUT GLEICH ÖKOBILANZ

Kernelement der Ökobilanzierung ist die Sachbilanzierung. In ihr werden alle relevanten Inputs und Outputs erfasst, die sich auf das System »Schweißprozess« beziehen. Dazu zählen die entlang der schweißtechnischen Fertigungskette verbrauchten Ressourcen (z. B. Zusatzwerkstoff, elektrische Energie, Schutzgas, etc.) und die anfallenden Abfallprodukte und Emissionen. Aus den akkumulierten Werten wird die Umweltwirkung des Verfahrens anhand von Kategorien wie beispielweise CO<sub>2</sub>-Äquivalent, Versauerungspotenzial oder Photooxidantien abgeleitet.

Die zu berücksichtigenden Größen werden digital erfasst. Die jeweiligen Werte werden dann durch Zugriff auf Ökobilanz-Datenbanken automatisch in die dazugehörigen Auswirkungen auf die Umwelt »übersetzt«. So können Anwenderinnen und Anwender eindeutig und mit minimalem Aufwand den »ökologischen Fußabdruck« eines geschweißten Bauteils ermitteln.

## WAS SIND DIE STELSCHRAUBEN?

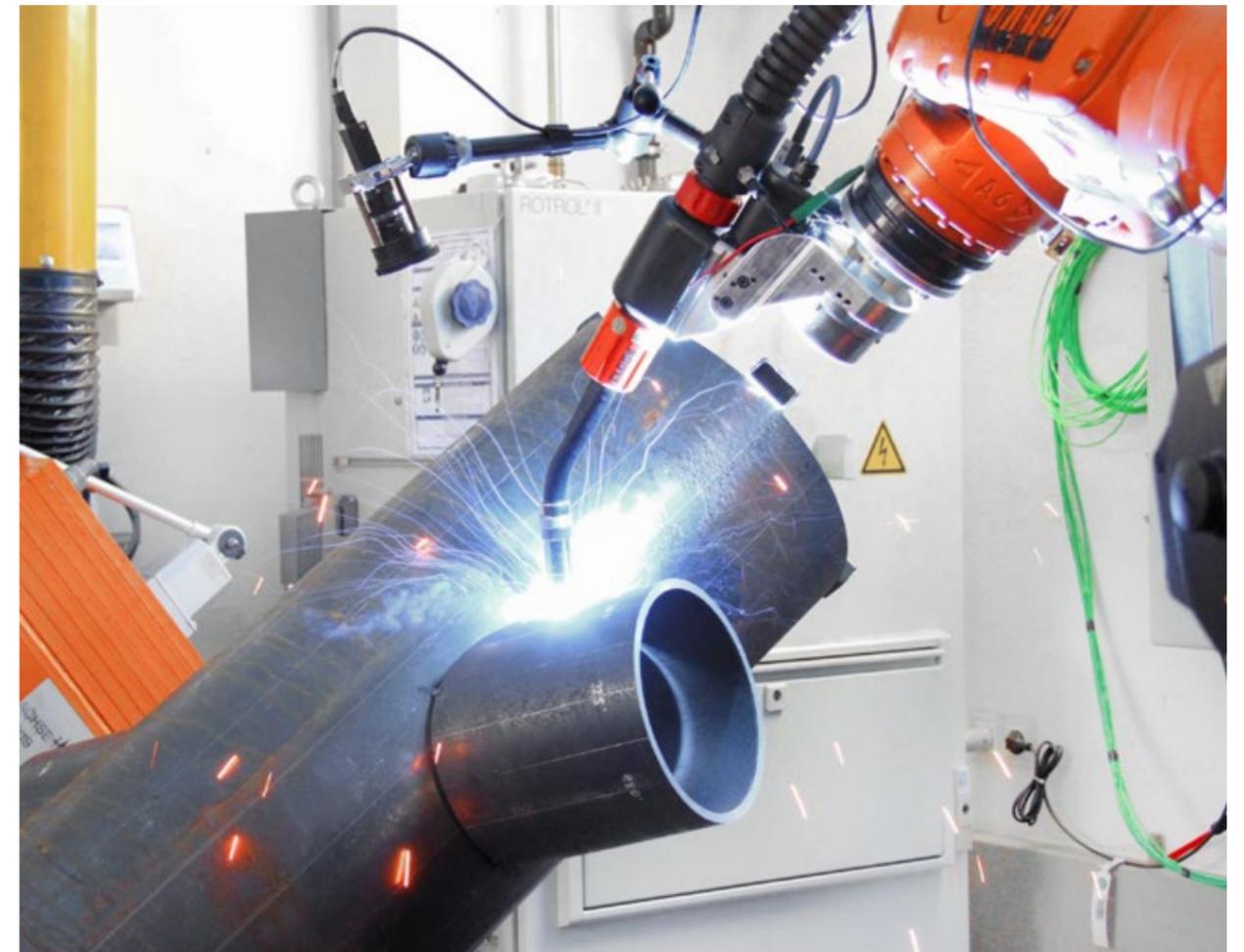
Wie sich ein Schweißprozess auf die Umwelt auswirkt, kann also aus dem Ressourcenverbrauch, sprich den Inputs, und den Abfällen und Emissionen, also den Outputs abgeleitet werden. Schwerer ist es, den Einfluss einzelner Inputs und Outputs auf ausgewählte Wirkkategorien zu quantifizieren. Wissenschaftlern der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) gelang es, die Inputgrößen zu ermitteln, mit denen sich die laut World Steel Association relevanten Wirkkategorien einer Ökobilanz genau analysieren lassen:

- **Materialverbrauch** (z. B. Grund-/Zusatzwerkstoff, etc.)
- **Energieverbrauch** (z. B. Wirkleistung sämtlicher elektrischer Verbraucher während der Prozesszeit)
- **Gasverbrauch** (Prozess-, Schutzgas oder Druckluft)
- **sowie Hilfsmittel** (z. B. Schutzgläser)

Interessant und wirklich praxisrelevant wird es, wenn man verschiedene Schweißverfahren im Hinblick auf ihre Umweltschädlichkeit miteinander vergleichen will. Das BAM-Team hat dazu eine identische schweißtechnische Aufgabenstellung mit verschiedenen Verfahren bearbeitet und die jeweilige Ökobilanz ermittelt. Die Zielvorgabe war dabei immer dieselbe: eine Schweißnaht von einem Meter Länge sollte hergestellt werden.

## Kooperation mit der BAM

Das Fraunhofer IPK und die BAM sind strategische Partner im Gebiet der Füge- und Beschichtungstechnik. Diese Kooperation ermöglicht es, Lösungen aus der Materialforschung schnell in die Industrie zu überführen.



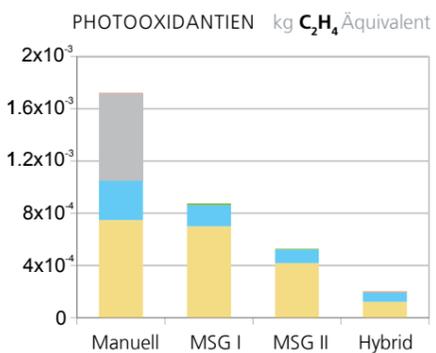
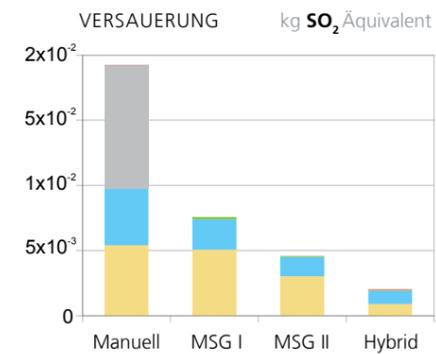
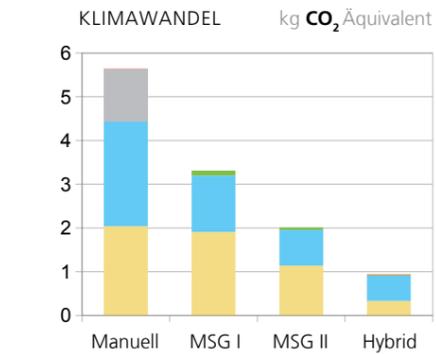
Das Metallschutzgasschweißverfahren (MSG-Verfahren) wird beim automatisierten Schweißen von Rohrknoten eingesetzt. Rohrknoten stellen ein wichtiges Konstruktionselement im Stahlbau dar, so zum Beispiel für die Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen. © BAM

In dem Experiment wurden drei verschiedene Verfahren miteinander verglichen: manuelles Elektrodenschweißen, automatisierte Metallschutzgas (MSG) und Laser-MSG-Hybridverfahren (Hybrid). Dabei stellte sich heraus, dass zwei Input-Faktoren besonders großen Einfluss auf die Ökobilanz eines Verfahrens haben: der Bedarf an Zusatzwerkstoff und Energie. Dank dieser Erkenntnis konnten die Wissenschaftler 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. Auf die beste Umweltbilanz kamen bei den Tests Verfahren mit niedrigem Werkstoffeinsatz, im Extremfall autogene Verfahren. Mit diesem Wissen kann Feedback to Design gegeben werden.

Um den Workflow bei der Ökobilanzierung zu vereinheitlichen und leicht verständlich zu halten, haben die BAM-Wissenschaftler ihre Forschungsergebnisse direkt in die DIN SPEC 35235 »Nachhaltigkeit in der Schweißtechnik – Ökobilanzierung von Schweißverfahren« eingebracht. Sie bildet die Grundlage, um die Vergleichbarkeit von Ökobilanzen in der Schweißtechnik zu gewährleisten und so deren Akzeptanz in der Industrie zu erhöhen.

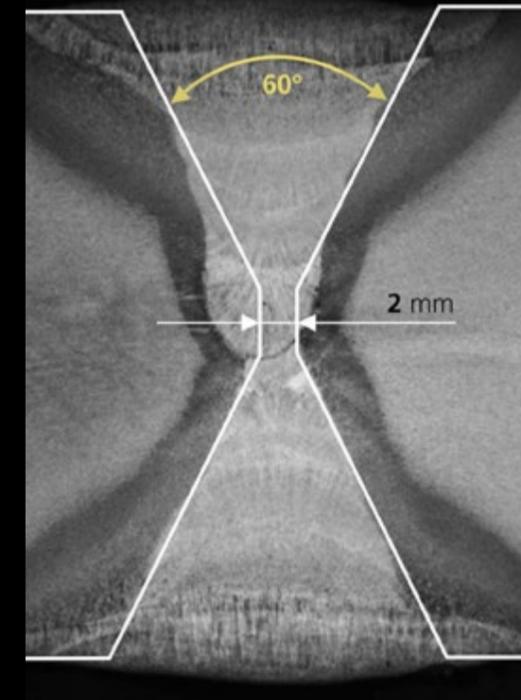
Vergleich der Umweltwirkung unterschiedlicher Schweißverfahren für ausgewählte Wirkkategorien.  
Quelle: BAM

Zusatzwerkstoff Elektrische Energie  
Elektrodenumhüllung Schutzgas Rest

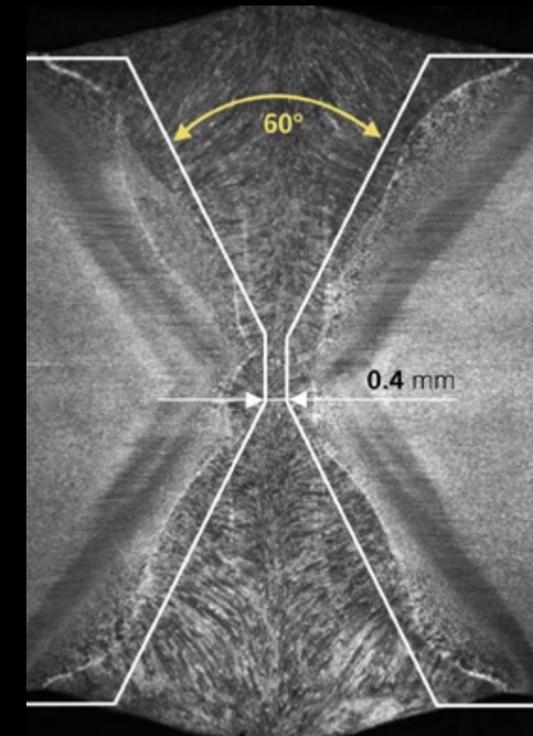


## Mikroskopische Fotografien des Schmelznahtbereiches für verschiedene Verfahren

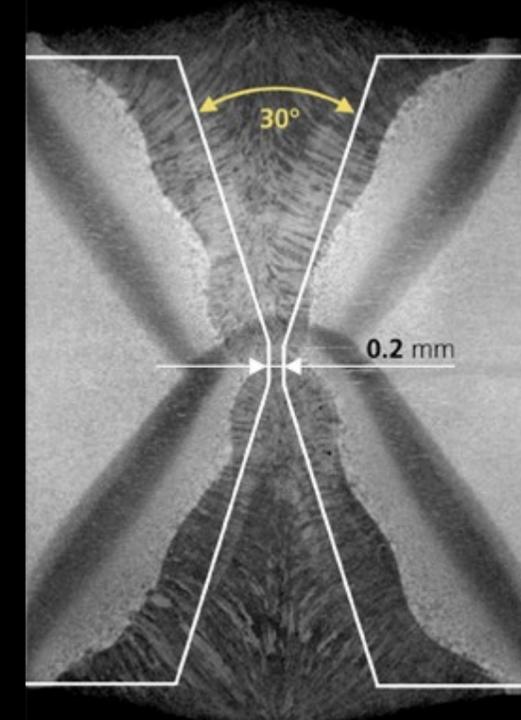
Manuell



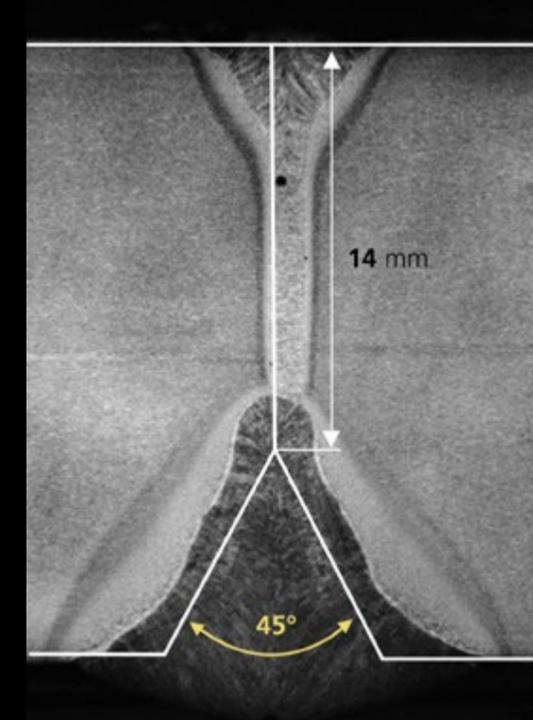
MSG I



MSG II



Hybrid



IHRE ANSPRECHPARTNER  
**Dr.-Ing. Andreas Pittner**  
 +49 30 81043-696 | andreas.pittner@bam.de  
**Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier**  
 +49 30 39006-220 | michael.rethmeier@ipk.fraunhofer.de

# Smart Maintenance für Highend-Maschinen



**Christoph Plüss** ist seit zehn Jahren bei United Grinding tätig. Seit April 2019 ist er Chief Technology Officer (CTO) des Unternehmens. *Bild: Privat*

Die **UNITED GRINDING Group** ist mit einem Umsatz von rund 700 Millionen Euro weltweit einer der führenden Hersteller von Präzisionsmaschinen für das Schleifen, das Erodieren, das Lasern, das Messen sowie die Kombinationsbearbeitung.



**Claudio Geisert** leitet das Industrie 4.0 Transferzentrum am Fraunhofer IPK. Sein Forschungsschwerpunkt ist Predictive Maintenance.

Wenn Maschinen und Anlagen langfristig zuverlässig arbeiten sollen, müssen sie intelligent überwacht und gewartet werden. In Zeiten der Digitalisierung funktioniert das natürlich mithilfe von KI – sie macht die sogenannte Smart Maintenance möglich. Im Gespräch mit FUTUR schildern Christoph Plüss, CTO der UNITED GRINDING Group, und Claudio Geisert, der am Fraunhofer IPK zu Wartung und Instandhaltung forscht, welche Vorteile Smart Maintenance verspricht und wie die Industrie sie für sich einlösen kann.



| futur | **Herr Plüss, welche Bedeutung hat das Thema Instandhaltung für einen Maschinenbau-Konzern wie United Grinding? Wären für Sie als Hersteller von Schleifmaschinen integrierte Smart Maintenance-Lösungen ein Differenzierungsfaktor im Wettbewerb?**

/ **PLÜSS** / Ganz klar, das Thema wird in Zukunft eines der ausschlaggebenden Differenzierungsmerkmale werden. Generell ist das Überholungsgeschäft, wir nennen es Rebuild, ein stabiler Pfeiler in der Servicedienstleistung. Unsere Maschinen sind Highend-Investitionsgüter und kosten teilweise so viel wie ein Einfamilienhaus. Wir wollen unseren Kunden maximale Investitionssicherheit bieten, gerade auch mit digitalen Lösungen.

| futur | **Herr Geisert, in welchem Bereich sehen Sie die größten Potenziale für Smart Maintenance?**

/ **GEISERT** / Smarte Instandhaltung ist keine Insellösung, sondern setzt eine ganzheitliche Sicht voraus. Letztlich ist

die datenbasierte, umfassende Smart Maintenance damit ein Wegbereiter für die Umsetzung von innovativen Geschäftsmodellen, sogenannten Industrial Product Service Systems. Bei den sogenannten Pay-Per-X-Modellen steht das Nutzenversprechen statt des reinen Produktverkaufs im Vordergrund. Dafür muss ich eine umfassende Kenntnis über meine Anlage im Feld haben.

| futur | **Seit wir von Industrie 4.0 sprechen, ist auch Smart Maintenance in aller Munde. Trotzdem tun sich bis heute viele Unternehmen mit der Digitalisierung in der Instandhaltung schwer. Wo liegen aus Ihrer Sicht die größten Hürden?**

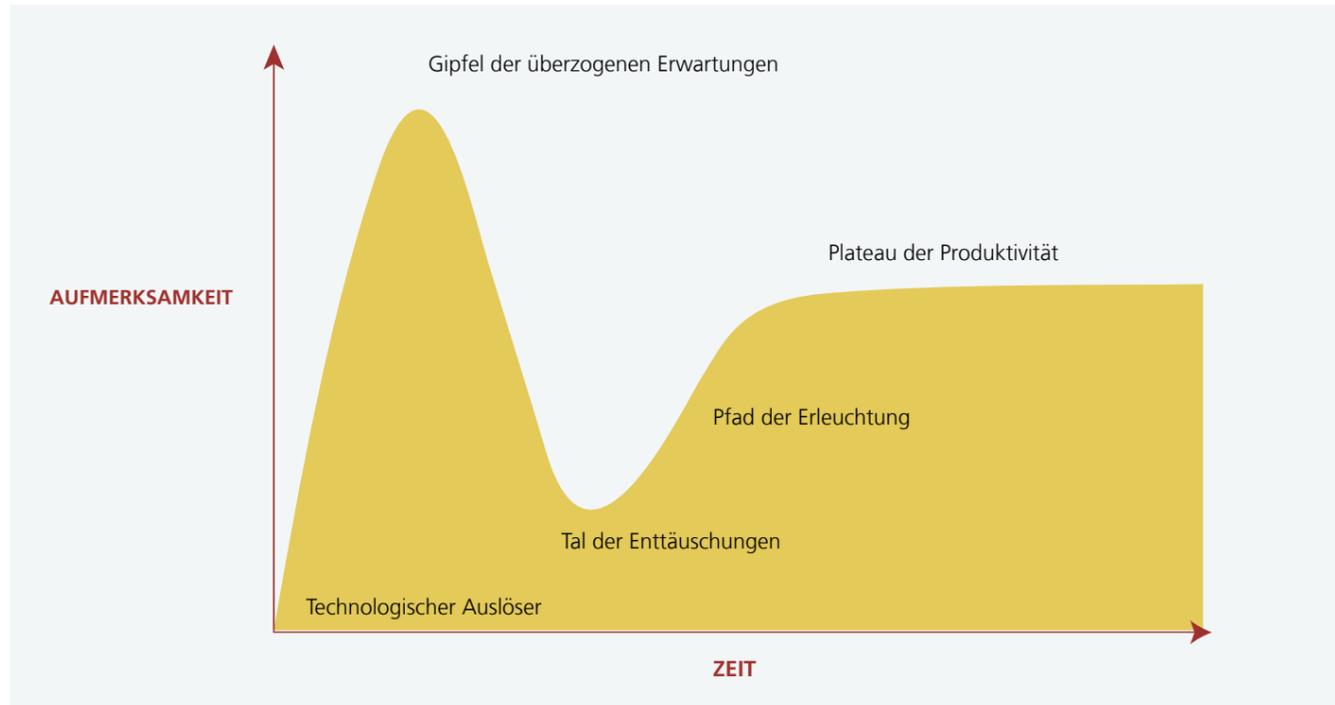
/ **GEISERT** / Zum einen ist Instandhaltung ein eher bodenständiger Bereich. Es geht darum, Maschinen operativ zu halten. Da tut man sich mit der Digitalisierung eher schwer. Insgesamt sehe ich auch, dass die Erwartungen an die Digitalisierung noch etwas überzogen sind. Nach Gartners Modell des »Hype-Zyklus« für neue Technologien (*Anm.: Grafik dazu auf der nächsten*

*Seite*) sind einige der Technologien, die für Smart Maintenance genutzt werden können, noch nicht auf dem Pfad der Erleuchtung angekommen. Zum anderen wird der Instandhaltung im Vergleich zur Produktion oft ein niedrigerer Stellenwert eingeräumt, weil die Produktion Gewinne bringt und die Instandhaltung Geld kostet. Hier müssen Unternehmen anerkennen, dass die Instandhaltung einen großen Teil zur Wertschöpfung beiträgt.

/ **PLÜSS** / Das Thema Digitalisierung ist ja eigentlich nichts weltbewegend Neues. Der Unterschied ist, dass wir heutzutage erstmalig in der Lage sind, entsprechend große Datenmengen mit IoT-Systemen zusammen zu speichern, zu verarbeiten und in Sekundenschnelle zu analysieren. Was das Thema aktuell noch bremst, ist die Bereitschaft von Kunden und Unternehmen, sich auf diese Vernetzung einzulassen. Wir spüren immer noch große Hemmnisse und müssen große Überzeugungsarbeit leisten. Man hat Angst vor Datenraub, das Thema Datensicherheit kommt meistens in jedem zweiten Satz wieder. Die Konzepte bestehen, die technischen Möglichkeiten sind da, aber es braucht hier viel Argumen-



Hype-Zyklus nach Gartner Inc.



tation und in vielen Fällen einen Proof of Concept, einen Beweis, dass es wirklich funktioniert. Deshalb arbeiten wir ganz transparent mit Kunden und zeigen ihnen, welche Daten wir aus dem System ziehen. Hier wird es noch einen gewissen Wandel brauchen. Vielleicht ist das auch ein Generationenthema. Die Generation unserer Kinder wird anders mit diesen Themen umgehen. Aber heute gibt es noch viele Berührungspunkte.

| futur | **Haben Sie außer den Transparenzversprechen noch weitere überzeugende Argumente für Ihre Kunden, was die Vernetzung angeht?**

/ PLÜSS / Kunden sind heutzutage kaum bereit, ihre Maschinen ständig am Netz zu haben. Unsere Lösung ist deshalb, dass der Kunde die Maschinendaten in seinem Firmennetz lokal

auf einem Edge Device sammelt. Eine Vernetzung zu unserem System wird nur auf Anfrage des Kunden über den Remoteservice gewährt. Der Kunde kann selber bestimmen, wann er den Datentunnel öffnet und wann er ihn schließt.

| futur | **Es ist immer noch so, dass die Produktion Vorrang hat und die Instandhaltung als nachgelagerter Service angesehen wird. Wie lässt sich Instandhaltung besser als Teil der Wertschöpfung begreifen?**

/ GEISERT / Es muss in die Köpfe der Verantwortlichen, dass nur mit einwandfrei funktionierenden Produktionsanlagen eine effiziente Produktion stattfinden kann. Wenn wir von Industrie 4.0 reden, reden wir von einem Ökosystem, in dem alle Stakeholder zur Erreichung einer effizienten Produktion miteinander kooperieren

müssen. Wie Herr Plüss schon sagte, ist das nicht eine technische Hürde, sondern eher ein organisatorisches Thema.

/ PLÜSS / Wir orientieren uns in Digitalisierungsfragen am Kundennutzen, nicht am Hype. Deshalb haben wir die ganze Wertschöpfungskette in eine Customer Journey aufgenommen und unterstützen unsere Kunden entlang des Produktlebenszyklus. Die Phase der Instandhaltung ist die längste Phase im Leben einer Maschine. Unsere Maschinen sind mehrere Jahrzehnte im Einsatz, da ist diese Phase eigentlich die elementare Phase in der Lifecycle-Betrachtung. Softwarelösungen, Updates und Upgrades können hier erhebliche Optimierung gewährleisten. Dabei ist es sehr wichtig, Daten zu erheben, weil sie Rückschlüsse auf die Sinnhaftigkeit bestimmter Prozesse zulassen. So können zum Beispiel unnötige Serviceaktionen vermieden werden, bei denen hohe

Kosten für Arbeit und Ersatzteile anfallen können.

/ GEISERT / Hier hilft die Digitalisierung und die Erfassung vieler Sensordaten, Licht ins Dunkel zu bringen. Wie verschleißt meine Maschine abhängig von der Belastung, der sie in der Produktion ausgesetzt ist? Wenn wir hier bessere Erkenntnisse haben, die auf den erfassten Daten basieren, dann wird auch die Einsicht und das Verständnis, warum welche Maßnahmen notwendig sind, besser bei den Verantwortlichen ankommen.

/ PLÜSS / Ein großes Problem in der Industrie ist bisher noch die stark proprietäre Denkweise. Der Endkunde lebt ja nicht nur von einem Lieferanten. Da gibt es viele Komponenten wie Sensoren und Steuerungsvarianten, und jeder versucht, sich sein Ökosystem zu sichern. Das macht die Analyse und Datenauswertung sehr mühsam. Wir arbeiten daher im VDW (Anm.: Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken) an einer universellen Schnittstellenbeschreibung für Maschinen.

/ GEISERT / Neben standardisierten Schnittstellen wären außerdem auch standardisierte Auswertungen sinnvoll. Bisher sind Ergebnisse unterschiedlicher Anbieter von Werkzeugmaschinen oft nicht vergleichbar, weil die Algorithmen nicht offengelegt werden.

| futur | **Inwieweit spielen Nachhaltigkeitsbetrachtungen im Kontext der Instandhaltung eine Rolle?**

/ PLÜSS / Wir betrachten das Maschinenüberholungsgeschäft als Dienstleistung in unserem Komplettlösungspaket. Wenn ein Kunde eine Maschine verschrotten will, bieten wir zum Beispiel an, die Maschine zurückzunehmen und zu überholen. Diese sogenannten Second Life-Maschinen sind bei uns in bestimmten Märkten sehr gefragt, zum Beispiel als Einstiegsmaschinen für

Kunden, die sich eine neue Maschine nicht leisten können. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist das eine saubere Lösung.

/ GEISERT / Instandhaltung ist per se nachhaltig, da sie versucht, die Ressourcen möglichst lange sinnvoll einsetzbar zu halten. Es leuchtet sicher ein, dass eine nicht gut gewartete Anlage auch mehr Energie verbraucht als gedacht. Wir nutzen auch für das Condition Monitoring die Antriebsströme und werten diese aus. Hier sehen wir einen direkten Zusammenhang mit dem voranschreitenden Verschleiß. Durch die erhobenen Daten können wir außerdem Optimierungspotenziale für bestehende und zukünftige Anlagen sehen und so Feedback to Design geben.



IHRE ANSPRECHPARTNERIN  
**Anja Kunack** | +49 30 39006-332  
 anja.kunack@ipk.fraunhofer.de

# ÖKOTEC

## Effizienzexperten im Auftrag der Umwelt

**Als modernes Beratungsunternehmen verbindet ÖKOTEC vorausschauendes Denken mit langjähriger Erfahrung. Seit 1999 steht es für intelligente Lösungen im Bereich Energieeffizienz.**

Mit Projekten an über 850 Industrie- und Gewerbestandorten im In- und Ausland zählt ÖKOTEC zu den führenden Experten für Energiesparen. In seiner Unternehmensphilosophie wirken ökonomische und ökologische Gesichtspunkte eng zusammen und greifen ineinander:

»Mit unserer Geschäftstätigkeit wollen wir einen wesentlichen Beitrag zur Begrenzung des globalen Klimawandels, zum Gelingen der Energiewende und der dafür notwendigen Transformation hin zur Dekarbonisierung des wirtschaftlichen Handelns leisten«, so Dr. Christoph Zschocke, Gründer und Geschäftsführender Gesellschafter von ÖKOTEC.

So begleitet ÖKOTEC Unternehmen von der Energieanalyse über die Entwicklung von Energiekonzepten bis hin zum Betrieb und Controlling eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50001. Mit der Softwarelösung EnEffCo®, die ÖKOTEC in einem Verbundprojekt unter anderem zusammen mit dem Fraunhofer IPK entwickelt hat, ist ein ganzheitliches Energieeffizienz-Controlling möglich. Energiedaten können auf Anlagen- und Prozessebene systematisch erfasst, überwacht und bewertet werden.

EnEffCo® ist seit Herbst 2013 erfolgreich am Markt. ÖKOTEC brachte in die Entwicklung ein reichhaltiges Expertenwissen aus der Prozess- und Anlagentechnik aus

zahlreichen Energieeffizienz- und Einsparprojekten ein. Mittlerweile ist EnEffCo® die gesetzte Lösung an über 100 Produktions- und 1.000 Gewerbestandorten im In- und Ausland.

In Kooperation mit Unternehmen und Forschungsinstitutionen hat ÖKOTEC seit 2010 über zehn weitere FuE-Projekte umgesetzt. In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekt EnEffReg war das Ziel, Anlagen automatisch nach Energieeffizienzkriterien über ein intelligentes Steuerungssystem zu regeln. Weitere Informationen zu dem gemeinsamen Projekt von ÖKOTEC und Fraunhofer IPK finden Sie auf Seite 16 in dieser Ausgabe der FUTUR.

Mit dem Voranschreiten des Klimawandels und komplexeren Rahmenbedingungen für Unternehmen hat ÖKOTEC das Energie- und Umweltmanagement zum Klimamanagement weiterentwickelt. Neben CO<sub>2</sub>-neutralen Versorgungskonzepten oder der Erstellung einer Treibhausgasbilanz fördert ÖKOTEC auch den Austausch und den Aufbau von Know-how in Unternehmen durch Netzwerke und Schulungen.

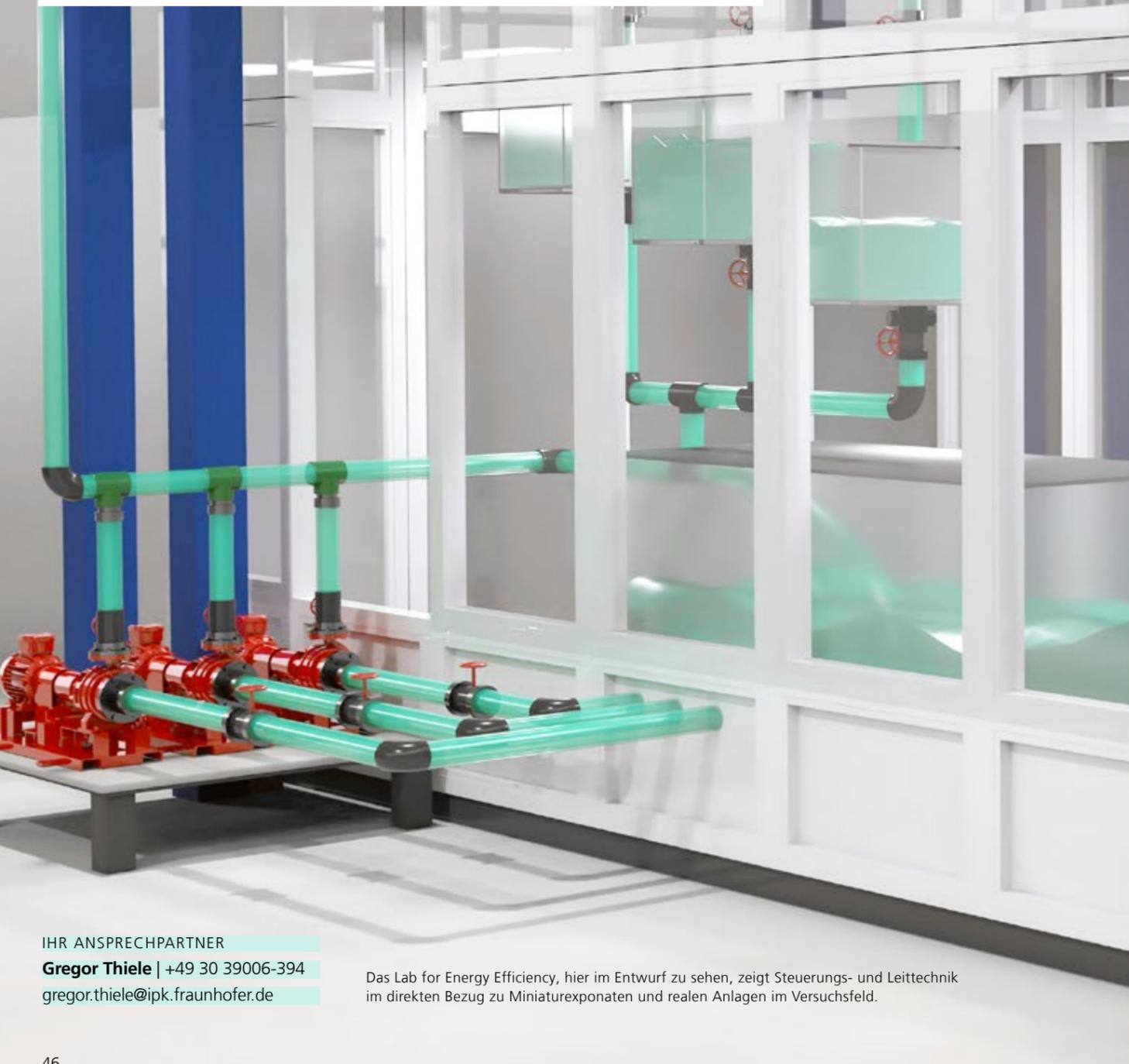
KONTAKT  
**ÖKOTEC Energiemanagement GmbH**  
[www.oekotec.de](http://www.oekotec.de)



ÖKOTEC hat seinen Firmensitz auf dem **EUREF-Campus**, einem Standort für Unternehmen aus den Bereichen Energie, Nachhaltigkeit und Mobilität. © EUREF AG

# Energieeffizienz mit Industrie 4.0

Das Lab for Energy Efficiency  
macht Lösungen anfassbar.



IHR ANSPRECHPARTNER

**Gregor Thiele** | +49 30 39006-394  
gregor.thiele@ipk.fraunhofer.de

Das Lab for Energy Efficiency, hier im Entwurf zu sehen, zeigt Steuerungs- und Leittechnik im direkten Bezug zu Miniaturexponaten und realen Anlagen im Versuchsfeld.

Der Fluidkreislauf  
veranschaulicht im Labor  
die Wirkweise der außen  
angebrachten Pumpen.



Die Entwicklungen der Digitalisierung und insbesondere der Industrie 4.0 bieten für produzierende Unternehmen immer neue Möglichkeiten, ihre Energieeffizienz zu überwachen und zu steigern. Die Bandbreite der in Deutschland vertretenen Anbieter entsprechender Produkte verdeutlicht der vom Bundesumweltministerium herausgegebene Bericht »GreenTech made in Germany«.

Woran es der Industrie bislang mangelt, ist eine klare Übersicht über praktisch erprobte technische Möglichkeiten und Lösungen zur Energieeffizienzsteigerung. Bei den Anwendern können viele Verfahren mit steuerndem Eingriff nicht unmittelbar in den laufenden Betrieb übernommen werden, insbesondere in der Serienfertigung. Deswegen besteht eine hohe Nachfrage nach Testbeds, in denen Verfahren exemplarisch erprobt werden können, und zwar an realen Maschinen und Anlagen unter Beteiligung der Anwender.

Das Fraunhofer IPK ist mit seinem breit aufgestellten Versuchsfeld im Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin und der tiefen, domänenspezifischen Expertise seiner Forscherinnen und Forscher der ideale Ort, um Lösungen zur Überwachung und Steigerung der Energieeffizienz zu erproben und zu demonstrieren.

## INNOVATION LIVE ERLEBEN IM BERLINER TESTBED

Das Lab for Energy Efficiency (L4EE) wird voraussichtlich ab Herbst 2020 im Versuchsfeld des PTZ Berlin zur Verfügung stehen. Die Exponate des Labs werden veranschaulichen, wie Industrie-4.0-Technologien genutzt werden können, um die Energieeffizienz industrieller Prozesse zu steigern. Um die Praxisrelevanz zu unterstreichen, werden Unternehmen angesprochen, die ihre Use Cases einbringen und als Mentoren die am Fraunhofer IPK aufgebauten Exponate begleiten.

Eine wichtige Domäne für den Einstieg ist die Steuerung der Versorgungstechnik, da hier sowohl erhebliche Einsparpotenziale als auch Möglichkeiten für den steuernden Eingriff umfassend belegt sind. Darüber hinaus stehen auch Fertigungsprozesse im Fokus. So können einzelne Aggregate von Bearbeitungsmaschinen mit Blick auf die Energieeffizienz manipuliert werden, ohne den Fertigungsprozess zu gefährden. Je näher der Eingriff am Fertigungsprozess selbst stattfindet, umso kritischer ist die Integration von selbsttätigen Maschinen und umso dringender muss er unter realen Bedingungen abseits der Serienfertigung experimentell erprobt werden.

Am Fraunhofer IPK erarbeitet ein interdisziplinäres Team die Inhalte des L4EE. Die dargebotenen Technologien sollen regelmäßig anhand der Ergebnisse laufender Projekte aktualisiert werden. Perspektivisch sollen Klientinnen und Klienten an offenen Workshops, Seminaren oder an individuell vereinbarten Beratungen und Schulungen teilnehmen können.

Die Grafiken zeigen die erste vorgesehene Ausbaustufe des L4EE. Im Innenraum sind industrielle Steuerungen an einem Rack montiert, um sie von der nachgebildeten Leitwarte aus im Blick zu haben. Monitore an einem Leitrechner zeigen verschiedene Überwachungs- und Optimierungstools. An einem Fluidkreislauf kann ein typischer Prozess nachgebildet werden, in diesem Fall die Pumpensteuerung. Die Besucherinnen und Besucher des Labs können mithilfe von Handventilen Abweichungen hervorrufen und so die KI-gestützten Verfahren auf die Probe stellen. Ist Reinforcement Learning für meine Anwendung geeigneter als klassische modellbasierte Regelung? Welche Informationen darüber braucht der Bediener? Und welche Fähigkeiten und Kenntnisse erfordert der Einsatz von aktueller Kommunikations- und Steuerungstechnik für Maschinelles Lernen?

## Pahl-Beitz-Preis 2019 für Dr. Konrad Exner

**Für seine Dissertation mit dem Titel »Prototyping von Produkt-Service-Systemen und Smart Services in der Konzeptphase des Entwicklungsprozesses« wurde Dr. Exner mit dem Pahl-Beitz-Preis 2019 ausgezeichnet.**

Der Preis wird seit 2003 für Promotionen mit herausragender ingenieurtechnischer Relevanz und hohem Innovationsgehalt verliehen. Prof. Dr. Dr. Dr. Herbert Birkhofer von der TU Darmstadt überreichte den Preis im Namen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP). In seiner Laudatio sagte er: »Die herausragende Arbeit von Herrn Dr. Exner, welche die Erprobung der immer wichtiger werdenden Produkt-Service-Systeme während ihrer Entwicklung in den Mittelpunkt gerückt hat, war wissenschaftlich,

methodisch und in der Nutzung neuester virtueller Techniken richtungsweisend nicht nur für die Forschung in der Produktentwicklung innerhalb der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung, sondern auch für die nationale und internationale Industrie, welche mit ihrem Empfehlungsschreiben die Wichtigkeit und Bedeutung dieser Doktorarbeit klar unterzeichnet hat.«

Dr. Exner ist stellvertretender Leiter der Abteilung Informations- und Prozesssteuerung am Fraunhofer IPK. Wir gratulieren ihm herzlich!



v. l. n. r. : Prof. Stahl, Dr. Exner und der Laudator, der emeritierte Prof. Birkhofer von der TU Darmstadt, Nachfolger von Prof. Pahl  
© WiGeP

## Auf gute Nachbarschaft!

**Bei einem Besuch des Tschechischen Vize-Premierministers Karel Havlíček und seiner Delegation am Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin wurden mögliche deutsch-tschechische Kooperationen im Bereich Automatisierung diskutiert.**

Am 5. Februar 2020 öffnete das PTZ seine Türen und Labore für Seine Exzellenz Karel Havlíček, Vize-Premier und Minister für Industrie und Handel sowie Minister für Verkehr der Tschechischen Republik. Damit folgte Havlíček der Einladung der Experten für Automatisierungstechnik und Maschinelles Sehen, Prof. Dr. Jörg Krüger und Dr. Bertram Nickolay.

Die Wissenschaftler stellten der Delegation des Nachbarlandes die Arbeit des Fraunhofer IPK vor und veranschaulichten sie bei einer Führung

durch das zentrale Versuchsfeld des PTZ und das hauseigene Industrie 4.0 Transferzentrum. Im Anschluss unterhielten sich die Anwesenden über die bisherigen deutsch-tschechischen Projektaktivitäten am Fraunhofer IPK und die Optionen für eine zukünftige verstärkte Kooperation. Prof. Krüger sieht Anknüpfungspunkte vor allem in der Automobilbranche und beim Thema Künstliche Intelligenz.



## Graben – scannen – kleben Digitale Archäologie mit »DigiGlue«

Originalfragmente der im Europäischen Kulturpark Bliesbruck-Reinheim entdeckten römischen Wandmalereien  
© Landesdenkmalamt Saarland



**MusterFabrik Berlin und Fraunhofer IPK entwickeln im Auftrag des Landesdenkmalamtes Saarland ein IT-basiertes Assistenzsystem für die Digitalisierung und virtuelle Rekonstruktion von archäologischen Fundstücken.**

Dabei handelt es sich um rund 5000 Fragmente bemalten römischen Wandputzes, die auf der deutschen Seite des Europäischen Kulturparkes Bliesbruck-Reinheim im Saarland gefunden wurden. Archäologinnen und Restauratoren stehen vor der Herausforderung, dass jeder manuelle Umgang mit den fragilen, aus Kalkmörtel bestehenden Fragmenten weitere Schäden an der Substanz verursacht.

Hier setzten Fraunhofer IPK und MusterFabrik Berlin mit einer Technologie zur Digitalisierung, Visualisierung und Rekonstruktion von fragmentierten mehrdimensionalen Objekten an. Dr. Bertram Nickolay, Abteilungsleiter Maschinelles Sehen, erläutert: »In dem Projekt nutzen wir Kompetenzen, die wir am Fraunhofer IPK zusammen mit der MusterFabrik Berlin bei der Digitalisierung und Rekonstruktion fragmentierter Glasmosaik aufgebaut haben.« Dr. Georg Breiter, Leiter des Landesdenkmalamtes des Saarlandes im Ministerium für Bildung und Kultur, erklärte: »Das Projekt ‚DigiGlue‘ bietet unseren Archäologen und Restauratoren die Chance, Kulturgüter am Beispiel der römischen Wandputzfragmente digital zu erfassen und virtuell zu rekonstruieren. Damit schaffen wir einen Mehrwert für die weitere wissenschaftliche Bearbeitung.« Kofinanziert wird das Projekt durch die Saarland-Sporttoto GmbH.

Zum Projektauftritt trafen sich Expertinnen und Experten des Landesdenkmalamtes Saarland, der MusterFabrik Berlin und des Fraunhofer IPK, um die Anforderungen an das zu entwickelnde IT-basierte Assistenzsystem zu spezifizieren. Die Digitalisierung der Fragmente übernimmt ein 2,5D-Scanner, der die motivbehafteten Fragment-Vorderseiten optisch und die Volumendaten der dazugehörigen Fragment-Rückseiten sensorisch erfassen soll. Dabei müssen alle Informationen aufgenommen werden, die für die Rekonstruktion relevant sind, wie Motive, Farben und Umriss eines Elementes. Die anschließende Visualisierung und Reposition der Fragmente baut auf dem Know-how der preisgekrönten Rekonstruktionstechnologie des Fraunhofer IPK auf. Damit sollen die digitalisierten Bruchstücke virtuell wieder zu einem möglichst kompletten Wandbild zusammengesetzt werden.

## Ehrung für den »Vater der Rekonstruktionstechnologie«



Der Fraunhofer-Taler © Fraunhofer



v. l. n. r. : Kuratoriumsvorsitzender Prof. Dr. Klaus Wucherer, Institutsleiter Prof. Dr. Dr. Eckart Uhlmann, Dr. Bertram Nickolay, Laudator Prof. Dr. Alexander Kurz

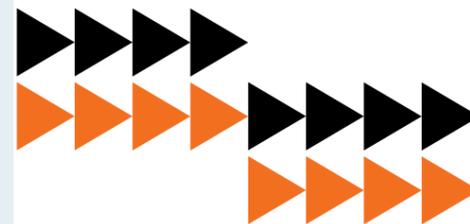
Seit den 1980er Jahren forscht Dr. Bertram Nickolay am Fraunhofer IPK zu maschinellem Sehen. Nun erhielt er in Würdigung seiner Verdienste den Ehrentaler der Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Vorstand Prof. Dr. Alexander Kurz überreichte Dr. Nickolay den Fraunhofer-Taler auf der jährlichen Sitzung des Fraunhofer IPK Kuratoriums. Dr. Nickolay hat sich als Akquisiteur profilgebender Projekte um die Fraunhofer-Gesellschaft verdient gemacht. »Wir sind stolz und froh, solche Mitarbeitende zu haben!«, so Prof. Kurz.

Dr. Bertram Nickolay kam 1981 als wissenschaftlicher Mitarbeiter ans Fraunhofer IPK. Weltweite Resonanz erlangten seine Arbeiten zur automatisierten virtuellen Rekonstruktion zerstörter Dokumente. Aufgrund seiner Idee und Initiative wurde das Projekt zur computergestützten Rekonstruktion der zerstörten Stasi-Akten ins Leben gerufen.

In den letzten Jahren widmete sich Dr. Nickolay der Wiederherstellung von Dokumenten, die beim Einsturz des Stadtarchiv Kölns und bei einem Bombenanschlag auf die Jüdische Bibliothek der Fundación IWO in Buenos Aires zerstört worden sind. Auch die digitale Rekonstruktion von Textzusammenhängen in den Handschriften des Universalgelehrten Gottfried Wilhelm Leibniz und die virtuelle Rekonstruktion des Gebetsbuchs Narek, eines wichtigen armenischen Kulturschatzes, zählen zu seinen jüngeren Projekten.

## MEHR KÖNNEN 2020



Seit zehn Jahren tragen wir mit unserem MEHR KÖNNEN-Programm 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 weiterzubilden. Knüpfen Sie Netzwerke zu Experten anderer Unternehmen, auch über die eigenen Branchengrenzen hinweg.

### NEU im Programm MASTERING DIGITAL TWINS

Im Juni 2020 startet das englischsprachige Zertifikatsprogramm zum geprüften Digital Twins Business Consultant. In einer Kombination aus Videovorlesungen und zwei Präsenztagen bei uns am Institut erhalten Sie das notwendige Rüstzeug, um die Potenziale von Digital Twins für Ihr Unternehmen optimal nutzen zu können.



**Aktuelle Informationen** zu unserem Programm finden Sie auf unserer Webseite [www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung](http://www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung)

## IMPRESSUM

FUTUR 1/2020  
22. Jahrgang  
ISSN 1438-1125

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

MITHERAUSGEBER  
Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

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

CHEFREDAKTEURIN  
Claudia Engel

REDAKTION  
Ruth Asan  
Anja Kunack  
Miriam Stock  
Katharina Strohmeier  
Saskia Waldenburger

SATZ UND LAYOUT  
Andy King

FONT-GESTALTUNG FUTUR-LOGO  
Elias Hanzer

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  
<http://www.ipk.fraunhofer.de>

HERSTELLUNG  
Druckstudio GmbH

FOTOS  
Titel ©structuresxx / Adobe Stock;  
Alle Bilder, soweit nicht am Bild anders  
vermerkt  
© Fraunhofer IPK



© Fraunhofer IPK 2020  
Nachdruck, auch auszugsweise,  
nur mit vollständiger Quellenangabe  
und nach Rücksprache mit der Redaktion.  
Belegexemplare werden erbeten.

**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**