

interaktiv

DAS KUNDENMAGAZIN DES FRAUNHOFER IPA | AUSGABE 3.2021

Energie für die Fabrik der Zukunft

Automatisierungspotenzialen auf der Spur

Digitalisierte Batteriezellenproduktion

Alle Nachrichten auf einen Klick

interaktiv online

interaktiv.ipa.fraunhofer.de



Alexander Sauer

Thomas Bauernhansl

Liebe Freunde und Kunden des IPA,

im letzten Jahr hatten wir Ihnen an dieser Stelle geschrieben: »Ein schwieriges Jahr geht zu Ende«. Viele haben damals schon geahnt, dass es nicht bei einem Jahr bleiben würde. Der Unterschied zu Weihnachten 2020 ist allerdings: Wir sind besser vorbereitet! Wir haben gelernt, mit den veränderlichen Verhältnissen flexibel umzugehen. Nichts desto trotz freuen wir uns natürlich alle, bis wir uns wieder ungezwungen und uneingeschränkt persönlich treffen können.

Der Klimawandel war für einige Zeit medial in den Hintergrund gerückt. Jedoch nicht für uns. Wir forschen kontinuierlich und intensiv daran, die Energiewende zum Erfolg zu führen. Darüber möchten wir Sie in der vorliegenden Ausgabe von interaktiv vertieft informieren.

Wie die Fabrik der Zukunft durch intelligente Synchronisation, Bivalenz und mit Gleichstrom produziert, wird in mehreren Artikeln und einem Interview beleuchtet. In diesem Schwerpunkt erfahren Sie, welchen Beitrag zur Energiewende wir gemeinsam mit der Industrie zu leisten imstande sind.

Auch in der IPA-Abteilung Robotik geht es zunehmend darum, Strom(kosten) zu sparen. Wir haben untersucht, was die autonome Robotik hier beitragen kann (s. S. 30f.) und stellen gleich im Anschluss ein Projekt vor, das weiteren Automatisierungspotenzialen auf der Spur ist, und berichten über das neu eröffnete Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (s. S. 36f.).

Für unsere Reportage haben wir dieses Mal einen Tag lang Inga Landwehr, Fachthemenleiterin für Energiespeicherzellen, bei ihrer Arbeit begleitet (s. S. 38f.).

Besonders hinweisen möchten wir Sie auch dieses Mal auf neue digitale Angebote des IPA. Im Januar startet der neue morgendliche Webcast »Energie zum Frühstück«. Auch der im vergangenen Jahr sehr erfolgreich angelaufene Biointelligenzblog wird im neuen Jahr jeden Dienstag einen Post zur Biologischen Transformation veröffentlichen.

Wir hoffen, dass Sie in diesem Heft einige für Sie wertvolle Anregungen finden, und wünschen Ihnen einen schönen Jahresausklang und alles Gute fürs neue Jahr.

Ihr Thomas Bauernhansl und Alexander Sauer



10
Energie für die Fabrik der Zukunft

Kernauftrag des Bereichs Ressourceneffiziente Produktion am IPA ist es, die Fabrik ganzheitlich zu betrachten und hinsichtlich ihrer Umweltwirkung und insbesondere hinsichtlich ihres Zusammenspiels mit dem zukünftigen Energiesystem zu verbessern. Wie durch die Integration neuer Energieträger die Energieeffizienz in der Produktion gesteigert werden kann und Unternehmen mit Energieflexibilität zur Energiewende beitragen können, erfahren Sie in unserer Titelstory und dem anschließenden Interview mit Prof. Alexander Sauer.



36
Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB) eröffnet

Forscherinnen und Forscher arbeiten im ZDB zusammen mit der VARTA AG daran, die industrielle Produktion von Batteriezellen soweit zu optimieren, dass deutsche und europäische Hersteller im Wettbewerb mit Produzenten aus Asien wieder mithalten können. Über technologische Entwicklungen aus dem ZDB informieren wir in dieser und den nächsten interaktiv-Ausgaben.



33
Automatisierungspotenzialen auf der Spur

Viele Unternehmen möchten gerne mehr automatisieren und Roboter einsetzen. An welchen Stellen dies technisch und wirtschaftlich innerhalb einer Produktion sinnvoll ist, ermittelt die »Automatisierungs-Potenzialanalyse« (APA) des Fraunhofer IPA. Neuerdings ist eine Variante der APA auch standortübergreifend einsetzbar. Wie die IPA-Experten hierfür Produktionsdaten auswerten und so eine Entscheidungsgrundlage schaffen, welche Werke für mehr Automatisierung infrage kämen, lesen Sie in diesem Artikel.



41
Aus Krisen lernen

Eine neu erschienene Studie des Fraunhofer IPA zeigt, warum viele kleine und mittelständische Unternehmen besonders unter der Corona-Krise gelitten haben. Eine Reihe von Maßnahmen kann helfen, künftig die Resilienz zu steigern.

Editorial

von Thomas Bauernhansl und Alexander Sauer 3

Plattform

Nachrichten und Notizen 6

Titel

Energie für die Fabrik der Zukunft – Energieeffizient durch die Integration neuer Energieträger 10

Interview

mit Prof. Dr. Alexander Sauer: »Die Produktion mit der Stromerzeugung synchronisieren« – Mit Energieflexibilität zur Energiewende 15

FuE

Aufbau eines hybriden Energiespeichers im Labormaßstab 19
Bivalente Öfen für energieintensive Prozesse 22

Blickpunkt

»Nicht zögern, sondern machen!«, Gastkommentar von Julia Kovar-Mühlhausen 24

FuE

Druckluft energieflexibel erzeugen 26
Gleichstrom als Enabler der Energieflexibilisierung 28
Mit autonomen Robotern die Stromkosten senken 30

Im Gespräch

Automatisierungspotenzialen auf der Spur 33
3 Fragen an Alexander Neb, Mit-Entwickler der Automatisierungs-Potenzialanalyse (APA) 35

FuE

Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB) eröffnet 36

Reportage

Ein Tag mit Inga Landwehr 38

FuE

Aus Krisen lernen 41
Produktionsprozess für Feststoffbatterien 42
Rundzellen für die Massenproduktion 44

Impressum

46

Neubau für die »Personalisierte Produktion«



Drei Forschungszentren und ein Tagungsbereich werden auf dem Birkhof-Areal in Stuttgart-Vaihingen unter dem Dach des Gebäudes »Personalisierte Produktion« versammelt. An dem Zukunftsthema forscht das Fraunhofer IPA bisher in verschiedenen Organisationseinheiten auf dem gegenüberliegenden Gelände. »Insbesondere in gesättigten Märkten, wie wir sie in Europa und in der industrialisierten Welt vorfinden, wird die Individualisierung und Personalisierung von Produkten weiter an Bedeutung zunehmen. Unternehmen stehen aktuell vor der Herausforderung, diese Produkte mit neuen Technologien und Prozessen wirtschaftlich zu produzieren. Mit dem Bauvorhaben ermöglichen die Landesregierung Baden-Württemberg, das Bundesministerium für Bildung und Forschung und Fraunhofer den inhaltlichen und personellen Ausbau der Forschung des Fraunhofer IPA in diesem Themenfeld«, betonte Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg, beim offiziellen Spatenstich am 27. September.

IPA-Institutsleiter Prof. Thomas Bauernhansl, Ministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut und Architekt Prof. Stephan Birk beim symbolischen Spatenstich.

Prozessindustrie: IPA kooperiert mit Sugino

Das Fraunhofer IPA pflegt enge Kontakte zu Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Fernost. So gibt es seit vielen Jahren eine Kooperation mit dem National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Kansai (AIST Kansai) in Japan unter anderem auf den Forschungsgebieten Funktionale Materialien und Batterietechnologien. Neu seit Herbst 2021 ist die Zusammenarbeit mit Sugino Machine Limited. Das japanische Maschinenbauunternehmen verfügt über exzellentes Wissen zur Herstellung von Pasten und Slurries für Beschichtungsmaterialien und Speichertechnik sowie zur Herstellung und Verarbeitung von Biopolymeren. »Sugino ergänzt als Kooperationspartner wunderbar unsere Kompetenzen in der Oberflächentechnik, die bereits im Zentrum für Dispergiertechnik und Zentrum für Partikeltechnik gebündelt werden«, so Ivica Kolaric, IPA-Geschäftsfeldleiter Prozessindustrie.



Feierliche Erweiterung der »Meilensteine der Robotik«

Ab sofort bereichert der extrem schnelle Deltaroboter »IRB 340 Flexpicker™« für Handhabungsaufgaben der Firma ABB unsere Ausstellung in Stuttgart-Vaihingen. Eingesetzt wurde er bei der Firma Jacklinks (ehemals Unilever) über rund 15 Jahre: Im Team mit drei weiteren Robotern griff er kameragesteuert mehr als 500 Millionen Bifi®-Würstchen von einem Zuführband und legte sie zum Einschweißen in die vorbereitete Tiefziehfolie. Gemeinsam kommen die vier Roboter so auf über zwei Milliarden gegriffene Würstchen während ihrer Einsatzzeit. Die feierliche Übergabe fand am 1. Oktober statt.



Blog Resilienter durch Matrixproduktion

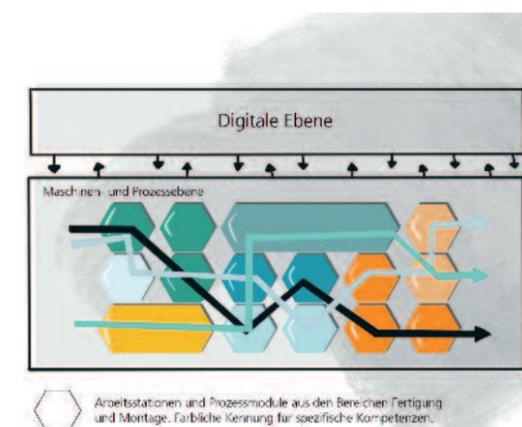
Zur Steigerung der Resilienz gilt die Matrixproduktion durch Realisierung eines flexiblen und adaptiven Produktionssystems als zukunftsweisend. Im Projekt »SE.MA.KI« (selbstlernende Steuerung einer technologieübergreifenden Matrixproduktion durch simulationsgestützte KI) erforschen fünf Fraunhofer-Institute die Matrixproduktion auf der Maschinen-, Prozess- und digitalen Ebene der Produktion: Von simulationsgestützter Planungsunterstützung, adaptiven Software- und Anlagensystemen, automatisierten Logistik- und Montageprozessen bis hin zur Auswahl und Weiterentwicklung spezifischer Hochtechnologiezellen für Matrix-Produktionssysteme.

Ziel ist die Weiterentwicklung des resilienten Produktionsansatzes. Das Projekt soll Menschen und Systeme zur Planung und zum Betrieb des Matrixsystems mit hochautomatisierten Anlagen befähigen und so die Anwendungsreife der Matrixproduktion steigern.

Neben konventionellen Methoden und Fertigungsverfahren setzen die Partner im Fraunhofer-internen Projekt auch auf den Einsatz neuer Verfahren, die eine hohe Flexibilität mit einer hohen Wirtschaftlichkeit bei kleinen Losgrößen und vollständig individualisierten Produkten bieten. Ein weiterer Schwerpunkt im Projekt ist die Weiterentwicklung leistungsstarker, KI-gestützter Planungsmethoden zur Entscheidungsfindung. Weiter erforschen die Partner, wie Produktionsdaten in die digitale Umgebung einer Simulation einfließen können und wie sich die Simulationen erfolgreich in den Betrieb einer Matrixproduktion einbinden lassen.

Mit Blog-Artikeln rund um das Projekt »SE.MA.KI« ermöglichen Expertinnen und Experten einen Einblick in ihre Forschung, Motivation und Hintergründe. Die beteiligten Fraunhofer-Institute IPA, IML, IPT, IST und IWUEs posten in einer Vielfalt von Themen zu den unterschiedlichen Herausforderungen, die Unternehmen bei der Einführung einer Matrixproduktion und zukünftigen Produktionssystemen begegnen können.

Der Blog ist am 20. Oktober gestartet und veröffentlicht bis Ende des Jahres fortlaufend neue Posts:
<https://s.fhg.de/semaki-blog>





Der EEP-Webcast »Energie zum Frühstück« findet ab dem 11. Januar 2022 an jedem zweiten Dienstag des Monats zwischen 8:30 und 9:00 Uhr in MS Teams statt.

Anmeldung:
<https://www.eep.uni-stuttgart.de/energie-zum-fruehstueck/anmeldung/>

»Klinische Gesundheitstechnologien« in Mannheim

Glückwunsch! In diesem Jahr feiert unsere Außenstelle ihr 10-jähriges Bestehen. Zeit für Verstetigung, aber auch Veränderung. Bis dato unter Fraunhofer-Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie PAMB firmierend, wurde der Name in »Klinische Gesundheitstechnologien« geändert. Die Außenstelle wird seit Juli von Dr. Jens Langejürgen geleitet. Sein Stellvertreter ist Johannes Horsch.

Die Abteilung hat ihre Forschung und Entwicklung auf drei Schwerpunktthemen ausgerichtet:

- Ein Schwerpunkt sind Intelligente OP-Assistenzsysteme, dazu gehören die Erprobung robotischer Assistenzsysteme, digitale Tools für minimalinvasive Eingriffe, virtuelle OP-Planung und AR.
- »Patient Data Collection and Analysis« ist der zweite Schwerpunkt. Das sind beispielsweise die Entwicklung von Systemen zur Datenerfassung wie Sensorik und Avatar in den Bereichen OP, Aufnahme und Station.
- Der dritte Themenbereich wird als »Connected Healthcare« bezeichnet. Darunter ist etwa die Zusammenführung von klinischen Datenquellen, die Visualisierung von Anwendungsdaten, die Integration und der Test von 5G-Technologie zu verstehen.

Als weiteres Forschungsthema wird die Einzelzellerzeugung und dessen Verwertung vorangetrieben.

Mehr Informationen <https://gesundheitstechnologien.ipa.fraunhofer.de/>



Digitalisierte Wertstromanalyse

Aufwendige Datenerhebung übernimmt bald eine Software

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Fraunhofer IPA digitalisieren in zwei geförderten Forschungsprojekten die Wertstromanalyse. Dadurch soll diese bewährte Optimierungsmethode in Zukunft mit deutlich geringerem Aufwand und nahezu in Echtzeit durchführbar sein.

Das Forschungsprojekt »Echtzeitorientierte Wertstromanalyse für die nachhaltige Produktionsoptimierung« (ECOWERT), das zusammen mit dem Stuttgarter Software-Anbieter iFAKT durchgeführt wird, hat die konkrete Anwendung in der Produktion im Blick. Automatisch auf dem Shopfloor erfasste Daten werden in eine beständig aktualisierte Wertstromanalyse überführt. Besonderer Fokus liegt dabei auf einer menschenzentrierten Gestaltung der Benutzeroberfläche mit einem intrinsisch motivierenden Bedienkonzept und auf der Erweiterung um Energiewertstrom-Daten für eine nachhaltige Produktionssteuerung. Das Projekt läuft bis 31. August 2022 und wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg mit knapp einer halben Millionen Euro aus Mitteln des Förderprogramms Invest BW gefördert.

Anwendungsfallunabhängig entwickelt das Fraunhofer IPA im Projekt »Nachhaltiges und echtzeitnahes Wertstrommanagement« (NEW) zusammen mit Fraunhofer Austria in einer Laborumgebung eine allgemeingültige, stabile, anpassungsfähige digitalisierte Wertstromanalyse. Im Gegensatz zu anderen Aktivitäten, in denen vorhandene IT-Ressourcen der Betriebe genutzt werden, geht NEW davon aus, die Datenakquise weitgehend vollständig mit eigener Sensorik zu bewältigen. Dies folgt den Prinzipien der Modularität, Funktionssicherheit und Vollständigkeit. Das Projekt läuft bis Ende Februar 2022 und wird von der Fraunhofer-Gesellschaft mit ca. 170 000 Euro gefördert.

Produzierende Unternehmen, die bisher meist allenfalls einmal jährlich eine Wertstromanalyse durchgeführt haben, könnten durch die digitalisierte Wertstromanalyse schneller auf Änderungen im Produktionssystem eingehen. »Weiterhin bleibt aber die Aufgabe eines professionellen Produktionsplaners, die digitale Wertstromanalyse zu interpretieren und die acht gängigen Gestaltungsregeln auf sie anzuwenden«, sagt Markus Böhm von der Abteilung Fabrikplanung und Produktionsmanagement am Fraunhofer IPA.

Kontakt

Markus Böhm
 Telefon +49 711 970-1968
markus.boehm@ipa.fraunhofer.de



Energie für die Fabrik der Zukunft

Energieeffizient durch die Integration neuer Energieträger

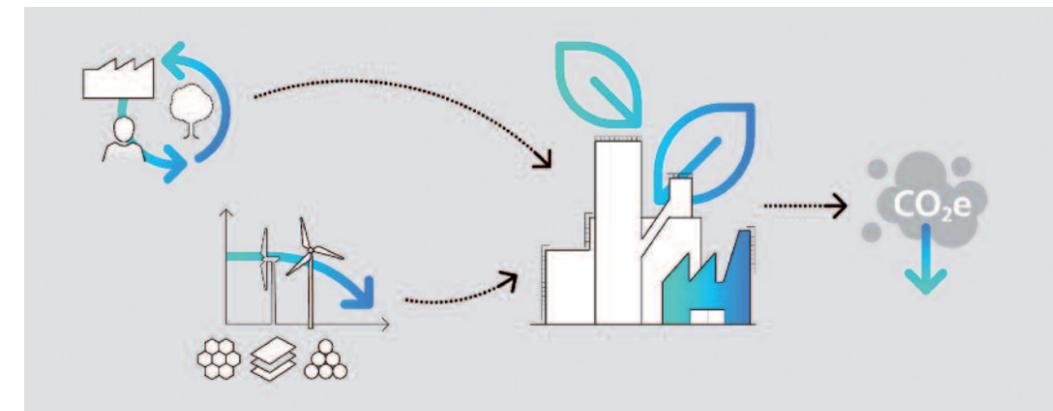
von Birgit Spaeth

Am Fraunhofer IPA gibt es kaum eine Gruppe, die sich nicht (auch) um Nachhaltigkeit kümmert. Für sie alle ist Ressourceneffizienz ein Thema. Hier stehen fast immer die Technologien im Mittelpunkt. Der Bereich Ressourceneffiziente Produktion geht das Thema dagegen prozessneutral an. Sein Kernauftrag ist es, die Fabrik ganzheitlich zu betrachten und hinsichtlich ihrer Umweltwirkung und insbesondere hinsichtlich ihres Zusammenspiels mit dem zukünftigen Energiesystem zu verbessern. Mit dem übergeordneten Ansatz der Ultraeffizienzfabrik adressiert er Energie, Material, Kreislauffähigkeit sowie Ressourcen- und Umweltressourcennutzung. Unter diesem übergeordneten »Leitstern« erfasst und verbessert das Team um Prof. Sauer ganzheitlich die einzelnen Wirkungen von Produktionsprozessen.

Ein wichtiger Schwerpunkt, an dem auch das Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP der Universität Stuttgart arbeitet, ist das Thema Energie. Die Forscherinnen und Forscher von IPA und EEP fragen: Wie kann ich den Energieverbrauch in Fabriken reduzieren? Wie kann ich ihn auf das künftige Energiesystem anpassen? Ein Stichwort ist hier die Elektrifizierung von bisher fossil betriebenen Prozessen, insbesondere von Wärmeprozessen. Gefragt wird: Wie kann ich die Fabrik befähigen, in einem zukünftigen volatilen Energieversorgungsumfeld weiterhin produktiv und auch zuverlässig zu arbeiten? Wie kann ich neue Energieträger in eine Fabrik der Zukunft integrieren?

Ein wichtiger Energieträger wird künftig Wasserstoff sein. Hier startete das EEP vor einiger Zeit mit dem Projekt Wave-H2 eine sehr große Initiative, in der eine industrielle Wasserstoffanwendungsplattform aufgebaut wird. Dabei wird untersucht, wie Wasserstofftechnologien in der Industrie effizient verwendet werden können.

Auf das Material bezogen, leiten den Bereich Ressourceneffizienz die folgenden Problemstellungen: Wie kann ich Materialverschwendung minimieren und nachhaltige und kreislauffähige



Materialien verwenden? Wie kann ich Produkte so fertigen, dass ich sie später auch wieder gut demontieren und recyceln kann? Neben dem traditionellen technischen Kreislauf von Produkten wird zunehmend ein biologischer Kreislauf aufgebaut. Die Frage ist hier: Wie können wir biobasierte und abbaubare Materialien in Produkte integrieren und einem biologischen Kreislauf zuführen?

»Sowohl auf der Materialseite als auch was die Energie betrifft, wollen wir als IPA die Industrie auf das Gleis der Biologischen Transformation bringen und sie auf dem Weg in die biointelligente Wertschöpfung unterstützen«, so Institutsleiter Alexander Sauer, der den Bereich Ressourceneffiziente Produktion verantwortet. »Ein schönes Beispiel ist hier etwa eine Lebensmittelabfälle im eigenen Klärwerk vergärt, um Grundstoffe wieder zu nutzen, plus die frei werdende Energie zur Energieversorgung verwendet.«

Herzstück ist die Energieeffizienz in der Produktion

Bereits 2013, zwei Jahre bevor er ans IPA kam, hat Prof. Sauer gemeinsam mit dem IPA den Energieeffizienz-Index der deutschen Industrie (EEI) entwickelt. Das Ziel: schneller an Informationen zu gelangen, wie die Stimmungslage zur Energieeffizienz in der Industrie ist. Die Logik des EEI ist an den Ifo-Geschäftsklimaindex angelehnt. Abgefragt wird für die vergangenen und die kommenden zwölf Monate. Es wird allerdings nicht nur in die Bedeutung der Energieeffizienz abgefragt, sondern es wird zusätzlich nach dem Anteil der Investitionen in Energieeffizienz und der Steigerung der Energieproduktivität gefragt. »Es könnte ja sein, dass alle Energieeffizienz als wichtiges Thema erachten, aber keiner investiert. Und es stellt sich auch kein Effizienzfortschritt ein. Oder aber, die Unternehmen finden es wichtig, investieren und es stellt sich trotzdem kein Effizienzfortschritt ein. Oder sie investieren nicht, und es stellt sich ein Effizienzfortschritt ein, aufgrund von vergangenen Investitionen. Das kann alles passieren«, so Sauer.

»Nur über technischen Fortschritt kann die Ressourcenwende gelingen und ein großer technischer Fortschritt liegt in der Biologischen Transformation.«

Um schneller aussagefähig zu sein als etwa das zuständige Bundesministerium, das immer zwei Jahre hinterher ist, fragt der EEI seit 2013 halbjährlich, wie sich die Energieproduktivität in der deutschen Industrie entwickelt. Zusätzlich zu den Standardfragen zur Stimmungslage fragt das EEI aktuell politisch relevante Themenfelder ab, zum Beispiel: Welchen Beitrag die Energieeffizienz zur Klimaneutralität in den Unternehmen leistet, ob sich die Unternehmen vorstellen können, stärker zu elektrifizieren, ob sie Wasserstoff nutzen können, ob sie eine stärkere energetische Flexibilität als sinnvoll erachten und Ähnliches.

Mit den entsprechenden Analysen kann der Politik Hilfestellung gegeben werden, was sie verbessern kann. Etwa in Richtung Förderinstrumente, der EEI nutzt auch den Instituten selbst, als Ausgangspunkt, um Forschungsprojekte aufzusetzen und die Unternehmen beraten zu können, wie sie sich im neuen Energieumfeld besser aufstellen können. Dabei wird auch

offenbar, wie der Wettbewerb über gewisse Themen denkt. Der Energieeffizienz-Index ist also Benchmark, Kristallisationspunkt für neue FuE-Projekte und Basis für die Beratung von Politik und Gesellschaft.

Der Energieverbrauch steigt trotzdem – Wie lange noch?

Wenn effizientere Technologien entwickelt werden, dann wird in der Regel von der entsprechenden Leistung mehr nachgefragt. Bekannt ist dieses Phänomen unter dem Begriff Rebound-Effekt. Wer LED-Lampen einbaut, lässt sie häufig deutlich öfter brennen als die alte Glühbirne. Der Produktivitätsfortschritt wird im absoluten Verbrauch häufig überkompensiert durch die Produktionsmengensteigerung. Eine Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum oder Produktionsmenge findet hier zwar statt, aber trotzdem steigt der Ressourcenverbrauch weiter an.

Es scheint enorm schwierig, den Ressourcenverbrauch zu senken und gleichzeitig höhere Absatzmengenleistung zu erbringen.

»Die freiwillige Selbstbeschränkung klappt in der Regel recht selten. Das sehen wir an uns selbst. Der alte Kühlschrank, der durch ein effizienteres Gerät ersetzt wird, wandert häufig in den Keller als Zweitgerät und wird dort für Partys weitergenutzt«, weiß Alexander Sauer.

Was machen wir mit dem Geld, das wir einsparen, weil wir bessere Heizsysteme haben und daher weniger Energie verbrauchen? Wir nutzen es, um ins Kino zu gehen oder in den Urlaub zu fahren. Das ist wieder mit hohem Ressourcenverbrauch verbunden. Ein Teufelskreis.

Insbesondere im Bereich der Materialien ist die Senkung des Ressourcenverbrauchs deshalb schwierig, weil wir etwa bei den Grundstoffindustrien schon sehr effizient sind. Beispiel Eisenerz in der Stahlindustrie: Hier sind die am effektivsten zu fördernde Vorräte schon aufgebraucht. Übrig sind Ausgangsmaterialien, die mehr CO₂-Emissionen verursachen, um die gleiche Leistung zu erbringen. Die Ressourcenbasis, auf die wir zugreifen, wird an manchen Stellen bereits schlechter. Das ist auch bei der Lebensmittelindustrie der Fall. Die Böden werden schlechter und der Ertrag sinkt. Wir brauchen also mehr Land, um die gleiche Menge an Lebensmitteln zu erzeugen.

Verzichtet wird erst ganz zuletzt

Sind wir als Gesellschaft eigentlich überhaupt bereit, auf etwas zu verzichten? »Diese Frage wird erst relativ spät beantwortet. Prinzipiell wird jeder individuell möglichst wenig auf Komfort verzichten. Schauen wir uns den Lebensstandard an, den wir im Vergleich zum Rest der Welt haben. Wenn wir anerkennen, dass andere aufholen wollen, dann wissen wir, dass der Ressourcenverbrauch zunächst nochmals deutlich ansteigen wird, selbst wenn wir uns in Selbstbeschränkung üben«, glaubt Sauer. Global sei es extrem schwierig, den Ressourcenverbrauch zu reduzieren – insbesondere den fossilen und abiotischen Ressourcenverbrauch. Hier müssen wir laut Sauer den Schwenk durch die Biologische Transformation schaffen, mehr erneuerbare Energien und mehr nachwachsende Rohstoffe nutzen. Mit Unterstützung von biologischen Prozessen kann aus seiner Sicht das ein oder andere realisiert werden, das heute noch technisch gelöst wird.

Effizienz ergänzt die Effektivität

Im Ultraeffizienzansatz des Fraunhofer IPA wird zwischen Effizienz- und Effektivitätstechnologien unterschieden. Die Biologische Transformation zahlt sehr stark auf die Effektivitätstechnologien ein, das alleine reicht aber nicht aus.

Wenn wir das Effizienz- und Effektivitätsthema übertragen auf das Energiesystem, heißt das, dass möglichst viel Energie über Wind, Sonne, Wasserkraft etc. erzeugt und eingesetzt wird, denn wir wollen möglichst viele Effektivitätstechnologien nutzen. Aber: Der Stromverbrauch wird sich bis 2045 in etwa verdoppeln, wenn wir die Energiewende schaffen wollen, nämlich von 540 auf über 1000 Terrawattstunden pro Jahr. Ohne Effizienztechnologien als Ergänzung kann das nicht funktionieren. Das Thema Energieeffizienz ist – EEP-Stifter Heinz Dürr betont das immer wieder – in fast allen Initiativen und Diskussionen ein sehr vernachlässigtes Thema. Seit Beginn der Energiewende und bis heute haben die Aktivitäten der Bundesregierung auf der Effizienzseite relativ wenig Wirkung gezeigt, auch wenn zwischendurch versucht wurde, den Fokus auf die Effizienz zu legen. »Wir werden keine andere Wahl haben, als die Effizienz massiv zu steigern, wenn wir die Energiewende mit Erneuerbaren schaffen wollen. Nur über technischen Fortschritt kann die Ressourcenwende gelingen und ein großer technischer Fortschritt liegt in der Biologischen Transformation.«

Mit einer Steigerung der Energieeffizienz kann der Anteil der Erneuerbaren erhöht werden, allein indem wir Energie sparen und dann weniger fossile Energieträger brauchen. Weil außerdem weniger Leitungen und weniger Speicher benötigt werden, entsteht hier eine weitere Steigerung der Ressourceneffizienz. »Es ist in jedem Fall eine sogenannte No-Regret-Option, wenn wir Effizienztechnologien voranstellen.«

Politik und Wirtschaft

Bislang wird der Energieverbrauch beim Herstellprozess, etwa von Dämmmaterial, bei der Effizienzbilanzierung von Gebäuden nicht berücksichtigt. Daher sei es an der Zeit, so Alexander Sauer, dass sich die Energierichtlinien bezüglich der grauen

»Wir werden keine andere Wahl haben, als die Effizienz massiv zu steigern, wenn wir die Energiewende mit Erneuerbaren schaffen wollen.«

Energie, die hier gebunden ist, ändern. »Wir können das gesteckte Klimaschutzziel erreichen, wir werden es aber nicht als energieautarkes Land erreichen. So wie wir heute Öl und Gas importieren, werden wir also zukünftig andere Energieträger importieren müssen.«

»Nun schauen wir mal, was die SPD-Grünen-FDP-Koalition so schmiedet, und ob da wirklich Geschwindigkeit aufgenommen wird. Im bisherigen Schnecken tempo werden wir es nicht rechtzeitig schaffen«, weiß Sauer.

Verzicht alleine – da sind sich viele Experten einig – wird nicht funktionieren, aber Reglementierung an der einen oder anderen Stelle, gepaart mit den richtigen Randbedingungen schon. Sobald etwas wirtschaftlich ist, wird es die Industrie machen, so die Erfahrung der letzten Jahrzehnte. Der CO₂-Preis wird hier ganz entscheidend sein, um beim Klimaschutz und der Energiewende weiterzukommen. Der Druck, den OEM bereits jetzt erzeugen, indem sie CO₂-neutrale Zulieferer fordern, führt dann logischerweise relativ schnell zu einer hohen Veränderungsgeschwindigkeit.

»Die Politik sollte mit Mindeststandardvorgaben unterstützen, wie wir es bei der LED-Leuchte gesehen haben, bei den Elektromotoren, Kühlschränken. Bei Standardkomponenten kann die Politik einen entsprechenden Rahmen setzen und regulieren, damit sich ineffiziente Technologien nicht weiterverbreiten«, fordert Sauer.

Auch Konsumenten haben es in der Hand

Wie aber kann die Industrie zum Klimaschutz beitragen? Was können wir selbst tun, um die Industrie zu unterstützen? Längst hat sich gezeigt: Mit unserem Kaufverhalten können wir die Wirtschaft beeinflussen. Bei Lebensmitteln, die wir ständig einkaufen, haben wir einen sehr schnellen Hebel, um etwas zu verändern, indem wir beispielsweise bewusst weniger energieintensive Produkte wie Fleisch konsumieren. Unabhängig vom Konsumenten kann auch die Industrie wesentlich zur Energiewende beitragen, indem sie versucht, möglichst schnell ihre eigene Bilanzhülle und ihre Lieferkette CO₂-neutral zu gestalten. Logischerweise sollte das mit möglichst wenig Nutzung von Kompensationszertifikaten und möglichst wenig Bezug von Grünstrom aus dem Netz erfolgen und mit einer möglichst hohen Nutzung von lokaler Energieerzeugung und Effizienzmaßnahmen. ■

Prof. Dr.-Ing. Alexander Sauer

leitet das Fraunhofer IPA und das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart. Interaktiv sprach mit ihm über seinen Verantwortungsbereich »Ressourceneffiziente Produktion« am IPA und über das Thema Energieflexibilität, das das IPA und EEP im Rahmen des Kopernikus-Projekts SynErgie vorantreiben.



»Die Produktion mit der Stromerzeugung synchronisieren«

Mit Energieflexibilität zur Energiewende

Ein Interview mit Prof. Dr. Alexander Sauer

Die Kopernikus-Projekte bilden eine der größten Forschungsinitiativen der Bundesregierung zum Thema Energiewende. Mit ihnen wollen Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft eine klimaneutrale Energieversorgung für Deutschland ermöglichen. Prof. Sauer, Sie leiten eines der Projekte. Welche Aufgaben haben IPA und EEP?

Die Kopernikus-Projekte des BMBF werden mit insgesamt bis zu 400 Mio Euro über 10 Jahre gefördert. Das SynErgie-Projekt ist eines von vier Projekten, das mit bis zu 100 Mio Euro über die Projektlaufzeit gefördert wird. Das übergeordnete Ziel ist, Technologien zu identifizieren und zu entwickeln, die die Industrie befähigen, insbesondere den Stromverbrauch zeitlich flexibel zu gestalten und damit einen Beitrag zu leisten, um die volatile Erzeugung durch erneuerbare Energien besser nutzen zu können. Sprich, dann Strom zu verbrauchen, wenn die Sonne scheint und sich das Windrad dreht.

Die Aufgabe von EEP und IPA in dem Projekt ist die Gesamtkoordination, das heißt, wir koordinieren die über 80 Partner, die in dem Projekt aktiv sind, und entwickeln auch selber Technologien sowohl auf der Hardware-Seite, also Produktionstechnologien, die wir flexibilisieren, als auch den notwendigen IT-Backbone, um die Anlagen energieflexibel steuern zu können und die Flexibilität am Energiemarkt nutzbringend einsetzen zu können. D. h. wir haben zwei Schwerpunkte: auf der einen Seite das ganze Thema IT-Systeme mit den entsprechenden Services, Prognosealgorithmen und Aggregationsalgorithmen und auf der anderen Seite unterschiedliche technologische Lösungen, um die Produktion mit der Stromerzeugung zu synchronisieren oder den Energieverbrauch des Prozesses vom Stromverbrauch am Netzanschlusspunkt zu entkoppeln.

Bedeutet eine solche Flexibilität, dass die Industrie bei Schlechtwetter die Produktion herunterfährt, bei gutem Wetter hochfährt?

Das ist eine Möglichkeit. Sie fährt die Produktion herunter, wenn aus Stromerzeugungssicht schlechtes Wetter ist. Im Rahmen des SynErgie-Projekts entwickeln wir Lösungen, dass einige Prozesse heruntergefahren werden, wenn der Strom knapp ist und wenn ein Überschuss vorhanden ist, hochgefahren werden. Das geht, wenn ich nachgeschaltet entsprechende Puffertechnologien habe, die den Kundenlieferprozess weiter bedienen können. Also: vorgelagerte Prozesse kann ich hoch- und herunterfahren in Abhängigkeit des volatilen Angebots der erneuerbaren Energien, aber am Ende des Tages ist die Kundenbelieferung trotzdem sichergestellt.

Mehr auf Seite 19: »Aufbau eines hybriden Energiespeichers im Labormaßstab«

Die andere Variante ist eben genau nicht die Produktion mit dem Wetter hoch- und herunterzufahren, sondern den Energieträger mit dem Wetter zu wechseln. Sprich, wenn der Strom knapp wird, fahre ich die Produktion bei durchlaufzeitkritischen Prozessen mit einem anderen Energieträger weiter.

Mit welchen Technologien wollen Sie hier Energieflexibilität erreichen?

Eine schöne Beispieltechnologie ist der sogenannte bivalente Schmelzofen. Das heißt, dass ein Schmelzofen oder eine Anlage, die auf Basis von Strom funktioniert, auch auf Basis eines alternativen Energieträgers läuft. Wenn jetzt der alternative Energieträger günstiger ist oder Strom aus irgendeinem Grund nicht verfügbar ist, dann wechselt die Anlage automatisch auf den zweiten Energieträger und stellt damit die Produktion sicher. Das kann man einmal als Risikominimierungsmaßnahme sehen, das heißt, die Anlage ist betriebsfähig, auch wenn ein Energieträger nicht zur Verfügung steht. Zweitens fungiert die Anlage automatisch hinsichtlich der Energiekosten immer minimierend, sprich, sie wählt sich dynamisch immer den Energieträger aus, der gerade am günstigsten ist. Damit leisten diese Anlagen sowohl kurz- als auch langfristig einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende.

Mehr auf Seite 26: »Druckluft energieflexibel erzeugen«

Gibt es noch weitere Möglichkeiten, den Stromverbrauch in der Produktion zeitlich flexibel zu gestalten?

Wenn ein Unternehmen in Echtzeit ohne viel IT-Aufwand Produktionsprozesse energetisch austarieren möchte, dann bietet sich dafür die DC-Technologie an. Mit Gleichstrom erreiche ich einen energieflexiblen Betrieb, der hocheffizient ist, weil er Bremsenergie aus Prozessen direkt rekuperiert und ohne Wandlungsverluste und andere Verbraucher einspeisen kann. Denn über eine Gleichstromverbindung von vielen Anlagen habe ich in einem offenen DC-Netz die Möglichkeit, durch dezentrale Regelung in Echtzeit Anlagen hoch und herunterfahren zu können und damit die Effizienz zu steigern und gleichzeitig einen einfachen energieflexiblen Betrieb realisieren zu können.

Für eine effiziente Auslastung der Produktion stehen in der Industrie bisher eher konstante Prozesse und Betriebszustände. Wie reagiert die Industrie auf den Vorschlag eines energieflexiblen Betriebs?

Für die Industrie ist entscheidend, dass es keine direkte Auswirkung auf ihre Prozesse gibt. Insofern wird vielfach mit der Peripherie angefangen, also z. B., wenn ein Betrieb Kälteleistung braucht, hat er irgendwo Kälteerzeuger auf seinem Fabrikgelände. Der Kälteerzeuger ist nicht direkt an den Produktionsprozess und damit an die Merkmalserzeugung der Produkte gekoppelt, sondern davon abgekoppelt. Der Kältekompressor läuft, wenn der Strom günstig ist. Damit verbunden ist ein entsprechender Kältespeicher, mit dem der Produktionsprozess gekühlt wird. Ähnliches gilt z. B. für Wärmeerzeuger in Wärmenetzen oder Lüftungsanlagen, die auch nicht permanent laufen müssen.

Die Netzbetreiber haben ein Interesse daran, dass Unternehmen eine möglichst konstante Last vom Netz abnehmen. Was müssen Netzbetreiber ändern?

Mehr auf Seite 22: »Bivalente Öfen für energieintensive Prozesse«

Kernproblem sind die Netzentgelte und daran muss etwas geändert werden. Wenn Unternehmen eine möglichst konstante Last vom Netz abnehmen, ist das für die Netzbetreiber berechenbar. In der Vergangenheit konnten sie daran ihre Kraftwerke ausrichten. Inzwischen werden die Grundlastkraftwerke aber immer weniger. Wenn bisher ein Unternehmen konstant über einen langen Zeitraum im Jahr die gleiche Last abnimmt, kann es einen Großteil der Netzentgelte reduzieren. Sobald die Last nicht mehr so lange abgenommen oder auf einmal eine Spitze generiert wird, setzt das diese Regel außer Kraft. D. h. Flexibilität wird bisher hinsichtlich der Netzentgelte benachteiligt. Und das muss sich ändern, dass die Netzentgelte eben nicht mehr auf einen starren Verbrauch optimiert werden, sondern eben hinsichtlich der aktuellen Netzsituation und der Energieangebotsituation.

Mehr auf Seite 28: »Gleichstrom als Enabler der Energieflexibilisierung«

Zahlt sich Energieflexibilität heute schon für Unternehmen aus?

Wenn sich ein Unternehmen mit der Flexibilität, die es im Betrieb hat, so optimieren kann, dass es einen konstanten Lastabruf aus dem Netz generiert, kann es seine Netzentgelte reduzieren. Voraussetzung ist, dass das Unternehmen seine Last im Betrieb gezielt steuern kann, und damit auch in der Lage ist, sie ziemlich konstant zu halten.

Eine zweite Möglichkeit besteht auch heute schon darin, dass ein Betrieb eine atypische Netznutzung generieren kann. Wenn ein Unternehmen seine abgenommene elektrische Leistung in einem gewissen Zeitfenster am Tag reduziert, erhält es im Gegenzug reduzierte Netzentgelte.

Das sind heute zwei Business Cases für normale Firmen. Größere Unternehmen können Flexibilität gewinnbringend umsetzen, indem sie im Intraday-Handel an den unterschiedlichen Energiemärkten Strom günstiger einkaufen. Wenn ein Unternehmen ausreichend große Lasten hat, kann es auch am regulierten Markt teilnehmen. Dann kann es auf Anforderung der Verteilnetzbetreiber Anlagen abschalten und bekommt dafür eine Prämie. Ebenfalls vergütet wird es, wenn Firmen anbieten, ihre Last ab- oder zuschalten zu lassen.

Das sind heute schon Anwendungsfälle, die sich lohnen können. Aber der freie Handel lohnt sich für viele noch nicht, insbesondere, wenn dieser mit höheren Netzentgelten einhergeht.

Als kleines oder mittleres Unternehmen kann man dafür heute auf sogenannte Aggregatoren zurückgreifen. Aggregatoren sind Firmen, die mehrere Anlagen von Kunden in ihr System integrieren und über diese Anlagen Flexibilitäten im regulierten und nicht regulierten Markt anbieten. Der Aggregator schaut, wieviel Megawatt an schaltbarer Last er dem Netzbetreiber im Rahmen des regulierten Markts anbieten kann. Wenn der Netzbetreiber um Lastabwurf nachfragt, dann disaggregiert er die Last auf die einzelnen Anlagen, die bei ihm unter Vertrag stehen, und schaltet diese über seine Plattform ab. Das ist ein direktes Handeln im Energiemarkt – in diesem Fall im regulierten Markt.

Sie arbeiten an einem Instrument, mit dem der Energiebedarf der einzelnen Unternehmen effektiv mit dem volatilen Energieangebot synchronisiert werden kann?

Was wir im SynErgie-Projekt entwickeln, ist eine sogenannte Energiesynchronisationsplattform, die aus zwei Teilen besteht: Der erste Teil ist eine Unternehmensplattform. Diese kann die einzelnen Flexibilitäten eines Unternehmens monitoren und aggregieren. Sie hat das Ziel, dem Unternehmen zu sagen, wann es welche Flexibilität hat und anbieten kann. Das heißt, wie das Unternehmen diese Flexibilität am Markt nutzen könnte, um günstig Energie einzukaufen oder zu verkaufen, wenn es sie vorher schon eingekauft hat.

Der zweite Teil ist eine Marktplattform. Sie sorgt dafür, dass Unternehmen, die Flexibilität nachfragen, mit dem Angebot zusammenkommen. Aggregatoren können sich auf der Plattform registrieren und ihr Interesse melden, Flexibilitäten einzukaufen oder zu verkaufen. Die Marktplattform vermittelt dann die Unternehmensflexibilitäten an die Flexibilitätsvermarkter. Und die Vermarkter wiederum verkaufen dann die Flexibilität an der Energiebörse. Das bedeutet, die Energiesynchronisationsplattform ist keine Energiehandelsplattform, wo wirklich energetische Flexibilitäten gehandelt werden. Vielmehr vermittelt sie zwischen den Händlern an den Energie-

Mehr auf Seite 31: »Mit autonomen Robotern die Stromkosten senken«

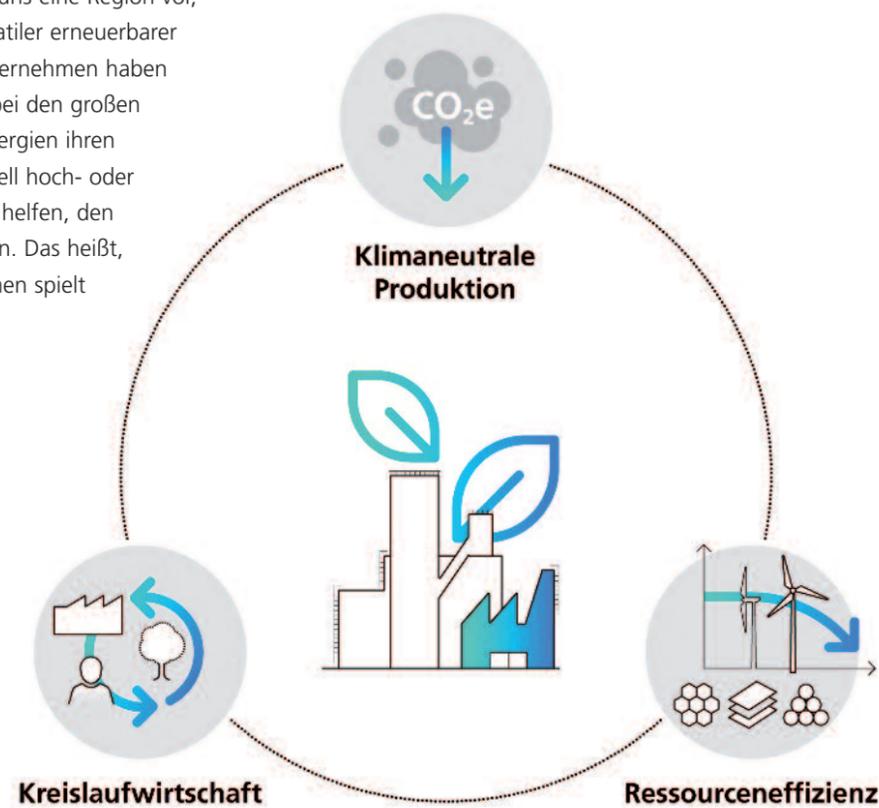
börsen und den Unternehmen, die Flexibilität bereitstellen können. Die Energiesynchronisationsplattform bietet aber ein komplexeres Vermittlungsniveau als bisherige Plattformbetriebe, die typischerweise Einzelanlagen in Unternehmen schalten.

Was haben KMU von Energieflexibilität?

Momentan oft eher weniger, weil sie sehr häufig zu geringe Energiekosten haben und zu wenig Energie verbrauchen. Zukünftig aber sehr wohl! Denn künftig wird es bei der Flexibilität nicht nur auf die Größenordnung ankommen, sondern auch auf den Ort, wo die Flexibilität erbracht wird.

Nehmen wir einen Bilanzkreis irgendwo im Schwarzwald, in dem wenig erneuerbare Energie gewonnen wird. Jetzt kommt durch die Leitungen wenig Strom, weil dort, wo der Strom herkommt, wenig erzeugt wird. Dann kann es sinnvoll sein, den Verbrauch abzusenken. In diesem Fall profitieren natürlich diejenigen energieflexiblen Unternehmen in diesem Bilanzkreis, gleichgültig ob sie klein oder groß sind. Häufig sitzen in solchen Regionen kleinere Familienunternehmen.

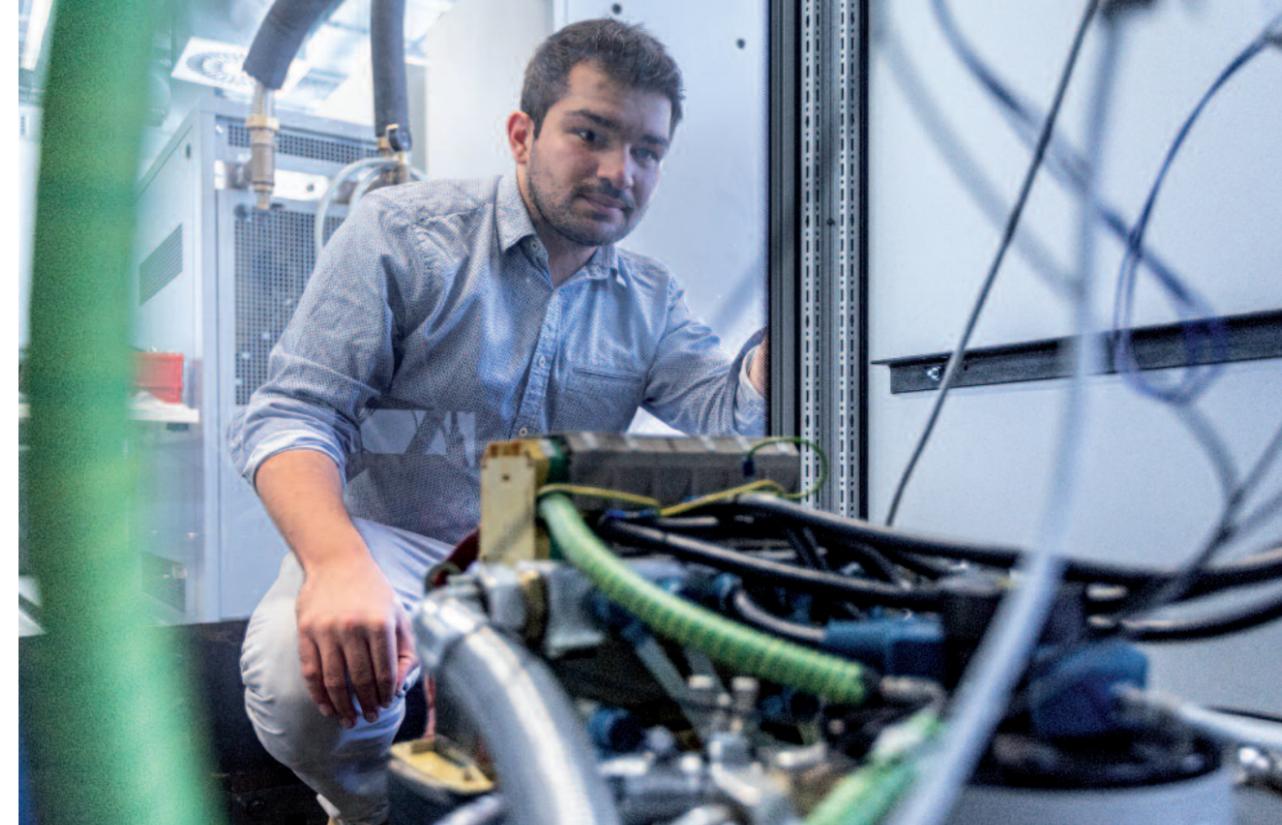
Ein anderes Beispiel: Stellen wir uns eine Region vor, in der es eine hohe Leistung volatiler erneuerbarer Energie gibt. Dort ansässige Unternehmen haben einen großen Vorteil, wenn sie bei den großen Schwankungen erneuerbarer Energien ihren Energieverbrauch ebenfalls schnell hoch- oder runterfahren können und damit helfen, den lokalen Bilanzkreis zu stabilisieren. Das heißt, die Lokalisierung der Unternehmen spielt zukünftig auch eine Rolle.



Muss die Politik die Regularien anpassen?

Ja, das muss sie. Die Politik darf die Regulierung nicht mehr hinsichtlich eines konstanten Verbrauchs optimieren, sondern hinsichtlich eines netzdienlichen und angebotsdienlichen Verbrauchs. D. h. die konkrete Auslastung der Netze muss in die Bepreisung der verbrauchten Kilowattstunde einfließen, ebenso wie das absolute Stromangebot durch die Erneuerbaren. Damit wirken hier zwei Mechanismen zusammen. Zum einen der Markt, der Angebot und Nachfrage miteinander in Einklang bringt. Zum anderen ist Strom aber keine abstrakte Größe wie Geld, sondern fließt durch Leitungen. Insofern haben wir noch den zweiten Aspekt des Netzzustands. Wenn viel Strom am einen Ende der Leitung produziert wird, heißt das nicht, dass der Verbrauch am anderen Ende der Leitung automatisch günstig wird, wenn das Netzkabel diesen Strom nicht transportieren kann. Sowohl die Energiemärkte als auch die Stromnetze müssen Berücksichtigung bei der künftigen Bepreisung von Strom bei den Endnutzern finden.

Prof. Sauer, wir bedanken uns für das Gespräch! ■



Aufbau eines hybriden Energiespeichers im Labormaßstab

Für die erfolgreiche Energiewende in Deutschland muss der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stetig ausgebaut werden. Die volatile Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien stellt die Stromnetze vor große Herausforderungen. 44 Prozent des Strom- und rund 25 Prozent des Wärmeverbrauchs in Deutschland entfallen auf die Industrie. Durch die Anpassung des Energieverbrauchs an das volatile Energieangebot können die Stromnetze entlastet werden. Dieser Ausgleich der Schwankungen im Stromnetz nennt sich Demand Response. Ein Hilfsmittel zur Umsetzung von Demand Response ist die Energieflexibilität. Im Rahmen des Forschungsprojekts SynErgie wird der Themenkomplex der Energieflexibilität erforscht. Ziel des Projektes ist es, die energieintensiven Industrieprozesse an die regenerative und fluktuierende Stromversorgung anzupassen. Dafür werden alle technischen und marktseitigen Voraussetzungen mit rechtlichen und sozialen Aspekten in Einklang gebracht und so der Energiebedarf der deutschen Industrie effektiv mit dem volatilen Energieangebot synchronisiert.

Eine übergeordnete Rolle bei der Anwendung und Vermarktung von Energieflexibilität spielen Energiespeichertechnologien. Diese können als Schlüsseltechnologie für die Energieflexibilisierung innerhalb der industriellen Energieversorgung angesehen werden. Die Hauptfunktion von Energiespeichern ist die Ein- und Ausspeicherung von Energie und damit die Etablierung einer zeitlichen Unabhängigkeit zwischen Erzeuger und Verbraucher. Jede Energiespeichertechnologie besitzt unterschiedliche Restriktionen, die beim Einsatz in industriellen Prozessen beachtet werden müssen. Eine Möglichkeit, diesen Herausforderungen zu begegnen, sind hybride Energiespeicher. Hybride Energiespeicher werden hierbei als Zusammenschluss mehrerer energieträgerübergreifender Energiespeicherformen gesehen, die energetisch und regelungstechnisch miteinander gekoppelt sind. So können diese die jeweiligen Schwächen der Einzeltechnologien ausgleichen und beispielsweise die Energieflexibilität erhöhen, die spezifischen Investitionskosten reduzieren und die Systemeffizienz erhöhen.

Hybrider Speicher für thermische, mechanische und elektrische Energie

Um diese Energiespeicherformen zu testen und zu bewerten, wurde innerhalb des Forschungsprojekts SynErgie das Forschungslabor am Institut für Energieeffizienz in der Produktion der Universität Stuttgart (EEP) um einen hybriden Energiespeicher erweitert. So können reale Systeme in einer Laborumgebung abgebildet und Rückschlüsse auf die Realität gezogen werden. Der hybride Speicher umfasst drei verschiedene Energiespeicherformen, die testweise be- und entladen werden können. Der Energiespeicher kann neben thermischer auch mechanische und elektrische Energie aufnehmen und bei Bedarf abgeben. So entsteht ein hybrides energieträgerübergreifendes Energiespeichersystem.

Thermische Energie längerfristig speichern

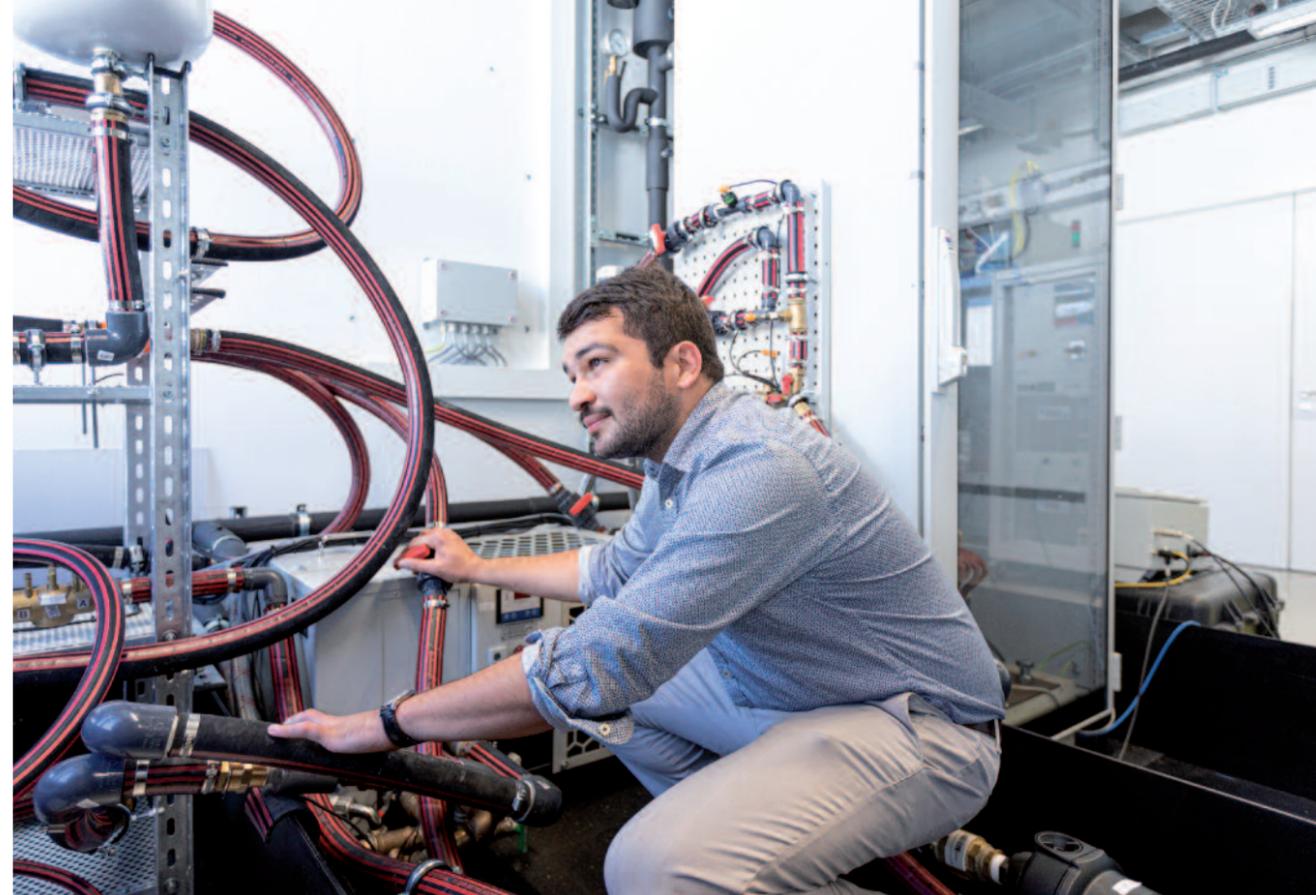
Der thermische Energiespeicher besteht hierbei aus einem sensiblen Kältespeicher, der die Temperaturdifferenz zwischen ein- und austretendem Wasser nutzt, um Nutzenergie zwischenspeichern. So kann mithilfe des Labordemonstrators in Kombination mit einer Kältemaschine Kälte erzeugt werden und bei Bedarf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

Schwungmassenspeicher zum Ausgleich von Leistungsspitzen

Als zweite Energieform, die innerhalb des hybriden Energiespeichers gespeichert werden kann, ist die mechanische Energie zu nennen. Diese wird mit Hilfe eines Schwungmassenspeichers in den hybriden Verbund aufgenommen und bei Bedarf abgegeben. Im industriellen Umfeld können so kurze und ausgeprägte Leistungsspitzen ausgeglichen werden und somit beispielsweise Lastspitzen, welche die Stromnetze beanspruchen, vermieden werden.

Kondensatoren für die schnelle Reaktion auf Lastwechsel

Die letzte Energieform, die innerhalb des Laboraufbaus zu hybriden Energiespeichern gespeichert werden kann, ist die elektrische Energie. Neben dem Schwungmassenspeicher und



dem thermischen Energiespeicher existieren im Laboraufbau Kondensatoren, die elektrische Energie speichern können. Kondensatoren können hierbei DC-Strom einspeichern und bei Bedarf entladen. Die Besonderheit bei Kondensatoren ist, dass diese die elektrische Energie direkt speichern. Im Vergleich zu beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien findet keine elektrochemische Reaktion statt. Kondensatoren besitzen die Fähigkeit, schnell auf Lastwechsel zu reagieren und punktuell hohe Leistungen bereitzustellen

Tests in der Laborumgebung

Die vorgestellten Energiespeichertechnologien wurden nun im Rahmen des SynErgie-Projekts zu einem hybriden Energiespeicher gekoppelt. Mit ihm ist es möglich, reale multienergetische Anwendungsfälle aus Produktionsprozessen darzustellen. Im Hinblick auf die energetische Flexibilisierung kann die Energiespeicherung energieträgerübergreifend bewertet werden und die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Technologien und der Vorteil durch das technologieübergreifende hybride Energiespeichersystem analysiert werden. Innerhalb der Laborumgebung ist es dadurch möglich, wasserbasiert energetische Erzeugungs- und Verteilsysteme, die auf thermischer Energie basieren, Produktionssysteme, die zeitweise hohe elektrische Lasten vorweisen und elektrische DC-Systeme gekoppelt miteinander zu bewerten. Verschiedene Prozesse, die innerhalb eines Produktionsprozesses parallel stattfinden, können so analysiert werden. Zudem können die

Potenziale zur Flexibilisierung der Netzanschlussleistung, sowohl der einzelnen Energiespeichertechnologien des thermischen Energiespeichers mit der Kältemaschine, des Schwungmassenspeichers und der Kondensatoren als auch der Energiespeichertechnologien im Verbund, untersucht werden.

Neben der Speicherung verschiedener Energieformen bietet der Laboraufbau rund um den hybriden Energiespeicher die Möglichkeit, Energie lang- und mittelfristig sowie kurzfristig und schnell zu speichern. Ersteres wird mit dem thermischen Energiespeicher und letzteres durch den Schwungmassenspeicher und die Kondensatoren erreicht.

Der Laboraufbau des EEP trägt zum Ziel des Projekts SynErgie bei, indem ein energieträgerübergreifender und zeitlich variabler hybrider Energiespeicher aufgebaut wurde. So können industrielle Flexibilisierungsmaßnahmen in hybriden Systemen auf ihre technische Funktionsweise getestet und bewertet werden. ■

Kontakt

Bijan Sadjjadi
Telefon +49 711 970-1338
bijan.seyed.sadjjadi@ipa.fraunhofer.de

Webinar

#keepthepace – Game-Changer der Automobilproduktion

13. Januar 2022, 10.00 Uhr bis 11.15 Uhr

Nicht erst seit Beginn der Pandemie steht die Automobilindustrie vor der Herausforderung einer tiefgreifenden Transformation ihrer Wertschöpfung. Der Wandel zu einem neuen dominanten Design auf Basis elektrischer Antriebe mit mehrheitlich digitalen Services und virtuellen Kontaktpunkten zwischen Kunde, Hersteller und Lieferant, beschleunigt die Bedarfe an neue datengetriebene Dienstleistungen über den gesamten Herstellungszyklus eines Fahrzeugs.

Insbesondere die auf Verbrennertechnologien spezialisierte Produktion der Fahrzeughersteller und Komponentenslieferanten steht vor einem tiefgreifenden Umbruch in den Fertigungstechnologien und der Qualifizierung ihrer Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Das Fraunhofer IPA möchte Ihnen in dieser Webinar-Reihe mit Fokus auf Automotive-Themen die Potenziale neuer Produktionstechnologien in der Automobilindustrie mit monatlich wechselnden Schwerpunkten aufzeigen und Ihnen spannende Einblicke in neue Methoden, Verfahren und Technologien vorstellen.

Mit unserer neuen anwendungsnahen Webinarreihe »#keepthepace – Game-Changer der Automobilproduktion« bleiben Sie am Ball und sind über die neuesten Trends und Entwicklungen informiert.

Anmeldung und weitere Informationen:

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/veranstaltungen-messen/veranstaltungen/2022/keepthepace.html>

Bivalente Öfen für energieintensive Prozesse

Flexibel Energie dann nutzen, wenn sie billig ist – das ist das Gebot der Stunde. Was aber, wenn der Fertigungsprozess nicht unterbrochen werden soll? Die Lösung heißt bivalente Maschinen, zum Beispiel Öfen. Sie können nicht nur unterschiedliche Energieformen nutzen, sondern auch Schwankungen im Netz ausgleichen. Am IPA werden solche Öfen konzipiert und der erste geht demnächst in Betrieb.

Die Gussindustrie zählt zu den besonders energieintensiven Branchen. Dabei ergibt sich in Nichteisen-Metallgießereien ein spezifischer Energieverbrauch von 3,6 MWh/t, der zu 43 Prozent über Strom und zu 57 Prozent über Brennstoffe – hauptsächlich Erdgas – gedeckt wird. Durch den hohen Gesamtenergieverbrauch von 4,2 TWh besteht in der Branche das Potenzial, Schwankungen im Stromnetz signifikant auszugleichen.

In einem exemplarischen Unternehmen hat das Fraunhofer IPA daher zunächst den energieintensiven Druckgussprozess untersucht. Hier wird die Schmelze mit hohem Druck und hoher Geschwindigkeit in eine metallische Dauerform eingepresst. Der Großteil der Anlagen arbeitet im Warmkammerverfahren, wobei es auch Kaltkammeröfen gibt. Komplettiert wird der Anlagenpark durch Stanzen, Pressen und CNC-Maschinen.

Insgesamt sind 14 Flexibilitätsmaßnahmen im Detail untersucht worden. Dabei weist der Energieträgerwechsel bei den energieintensiven Technologien wie dem Tiegelofen und den Heizkühlgeräten ein besonders hohes Flexibilitätspotenzial auf, weil eine hohe flexibilisierbare Leistung und gleichzeitig eine sehr lange Abrufdauer möglich ist. Technisch umgesetzt werden kann diese Maßnahme durch die bivalente Ausgestaltung der jeweiligen Anlage, bei der der benötigte Energiebedarf dynamisch aus zwei Energieträgern bezogen werden kann. Dafür eignen sich thermische Prozessanlagen wie ein Tiegelofen besonders gut.

Bivalenter Tiegelofen

Der Tiegelofen ist im Druckgussverfahren für einen Großteil des Energieverbrauchs verantwortlich. Grundsätzlich kann ein solcher Ofen elektrisch oder mit Brennstoff betrieben werden.

Im Beispielunternehmen werden Magnesiumblöcke, sogenannte Masseln, über einen hauptsächlich manuellen Einwurf zugeführt und aufgeschmolzen. Der ursprüngliche mit elektrischen



Bivalenter Tiegelofen mit elektrischen Widerstandselementen und einem Rekuperatorbrenner.

Widerstandsheizelementen betriebene Tiegelofen wurde im Projekt durch einen bivalenten Tiegelofen ersetzt. Dieser kann im Betrieb dynamisch zwischen den Energieträgern Strom und Erdgas wechseln. Dieses Anlagenkonzept wurde in Zusammenarbeit mit einem Anlagenbauer für Schmelzöfen entworfen und durch thermische Simulationen optimiert.

Die Umschaltung zwischen den beiden Energieträgern Gas und Strom kann auf drei unterschiedlichen Wegen erfolgen. Neben der manuellen Auswahl des Energieträgers über die Ofensteuerung kann über ein Signal auf Hallennetzebene umgeschaltet werden. Ebenso besteht über die Hallennetzanbindung die Möglichkeit, den Wechsel, nachdem ein Signal des Stromanbieters eingegangen ist, durchzuführen. Eine Mindestdauer von fünf Minuten wird zwischen dem Wechsel der Energieträger angesetzt.

Durch den Einsatz der programmierbaren Steuerung und durch die Vorbereitung umfangreicher Schnittstellen kann das Energieflexibilitätspotenzial des Tiegelofens deutlich gesteigert werden.

Energieflexibilität durch einen Recyclingofen

In vielen Prozessschritten des bivalenten Nichteisenmetalldruckgusses fällt recycelbares Material an, beispielsweise direkt beim Druckgussprozess, beim Sägen, Stanzen und Schleifen oder in der CNC-Nachbehandlung. Im aktuellen Produktionsprozess wird das Material gesammelt und extern zum Recycling gegeben. Eine Möglichkeit, die Fertigungstiefe zu erhöhen und das Energieflexibilitätspotenzial zu steigern, bietet die Beschaffung eines eigenen Recyclingofens.

Der bivalente Recyclingkippen im Projekt hat ein Fassungsvermögen von 1600 kg und eine elektrische Nennleistung von 250 kW sowie eine Brennerleistung von 600 kW. Das Material fällt nicht regelmäßig an, sodass das recyclingfähige Material zunächst intern im Lager gesammelt werden muss. Im Batch-Verfahren wird dann, je nach Aufkommen und Energieflexibilitätsbedarf, das Material bei 680 °C Schmelzbadtemperatur und einer elektrischen Leistungsaufnahme von 250 kW eingeschmolzen.

Anschließend wird der Hochofen bei 175 kW mit weiterem Material beschickt – nachgeliefert, sodass das komplette Fassungsvermögen vollständig genutzt und die Effizienz erhöht wird. Das Abgießen in die Masselformen benötigt vergleichsweise wenig Energie. Hier werden 75 kW zum Warmhalten benötigt. Der gesamte Prozess vom Aufschmelzen bis zum Abgießen dauert etwa acht Stunden.

Innerhalb eines Jahres fällt so viel recycelbares Material an, dass dieser Prozess etwa 65–95 Mal pro Jahr ausgeführt werden kann. Pro Batch kann der Energieträger unter den genannten Rahmenbedingungen und der Anlagenkonfiguration etwa 80 Mal gewechselt werden.

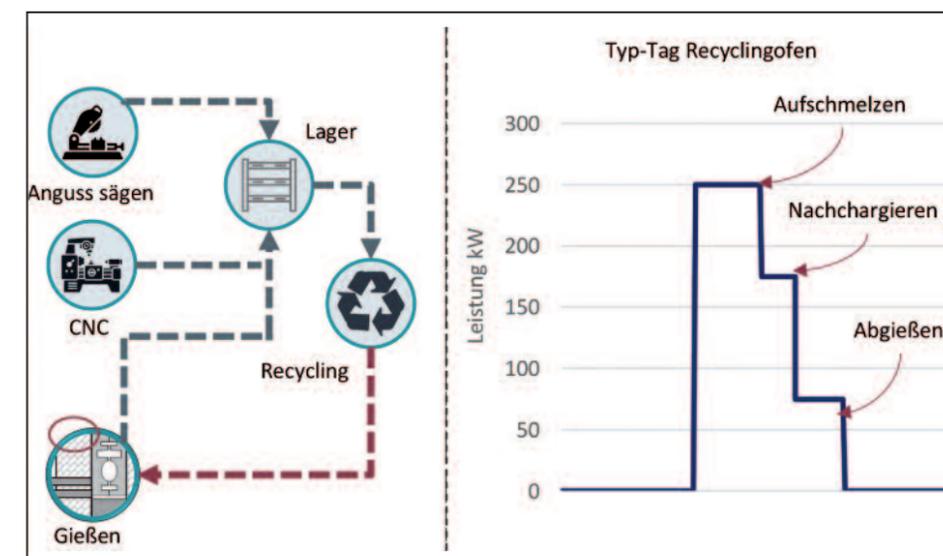
Ein Energieträgerwechsel und die Verschiebung des Auftragsstarts können also die Energieflexibilität erhöhen. Generell ist auch denkbar, die Prozessparameter anzupassen oder den Prozess zu unterbrechen. Aufgrund der bivalenten Auslegung ist dies allerdings nicht sinnvoll, da hier auch ohne Produktionsstopp und ohne Einfluss auf die Qualität die gleiche Energieflexibilität angeboten werden kann.

Die maximal flexibilisierbare Energie pro Abruf beträgt 1500 kWh. Der Vorteil des bivalenten Recyclingofens liegt zum einen im höchst dynamischen Betrieb, zum anderen kann aber auch durch die Verschiebung des Auftragsstarts Energieflexibilität mit einem langen zeitlichen Horizont zur Verfügung gestellt werden. ■

Kontakt

Ekrem Köse
Telefon +49 711 970-3624
ekrem.koese@ipa.fraunhofer.de

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



Prozess (links), Typ – Tag (rechts).

Nicht zögern, sondern machen!

Wem bewusst wird, dass ein Flug von Frankfurt nach New York so viele Emissionen erzeugt, wie einer Person in einem ganzen Jahr zur Verfügung steht, versteht, dass klimaschädliches Verhalten seinen Preis hat. Ein Preis, der in Zukunft noch steigen wird. Gerade deshalb ist schnelles Handeln so wichtig. Wer nicht beginnt, sich auf den Weg zu machen, der kommt nie ans Ziel.

Von Julia Kovar-Mühlhausen

Wenn wir in Deutschland etwas machen, dann streben wir nach Perfektion. Das Ausland bewundert uns für unseren Erfindergeist, unsere Disziplin, unsere Ingenieurs- und Handwerkskunst und so manch anderes. »Made in Germany« steht für Premiumqualität. Gerade in Baden-Württemberg haben wir viele Hidden Champions, mittelständische Unternehmen, die in ihrem Segment Weltmarktführer sind. Doch längst werden nicht mehr nur Produkte exportiert. Andere Länder kommen nach Baden-Württemberg, um unser duales Ausbildungssystem kennenzulernen, zu verstehen und vielleicht auch für sich adaptieren zu können.

Wir sind also in vielen Bereichen an der Spitze. Und doch, so scheint es, kommen wir gerade bei einem ganz zentralen Thema dieser Jahre – dem Klimaschutz – kaum voran. Die Auswirkungen, wenn wir nicht handeln, sind wissenschaftlich hinreichend beschrieben. Politisch und gesellschaftlich besteht weitestgehend Konsens, dass wir handeln müssen, um den menschlichen Effekt auf den Klimawandel zu reduzieren, bestenfalls zu stoppen. Die Diskussionen drehen sich hierzulande – teilweise ideologisch aufgeladen – seit Jahren immer nur um das »Wie?«.

Klar dürfte mittlerweile sein: die eine perfekte Lösung wird es nicht geben. Und der Weg zum Ziel Klimaneutralität ist lang. Wir müssen beginnen, ihn entschlossener zu gehen, und nicht aus Angst, einen falschen Schritt zu machen oder zu stolpern, stehenbleiben. Das gilt für Unternehmen ebenso wie für Bürgerinnen und Bürger. Zu den größten Emittenten gehören nun mal die Industrie- und Wohlstandsstaaten mit vielen Unternehmen.

Deshalb ist es immens wichtig, dass Unternehmen so schnell wie möglich Klimaschutz-Strategien implementieren, um ihre Emissionen in Richtung Null zu reduzieren. Für die allermeisten Unternehmen ist es derzeit nicht möglich, aus eigener

Anstrengung – nur durch Reduktion und Vermeidung von Emissionen – vollständig klimaneutral zu werden. Es bleiben fast immer Restemissionen übrig. Diese resultieren zum Beispiel aus Verbrauchsmaterialien wie Papier, aus Abfällen, aus der Fahrzeugflotte oder im produzierenden Gewerbe aus dem Strom- und Energiebedarf.

Das Bewusstsein eines Unternehmers, dass es aus eigener Kraft nicht klimaneutral werden kann, sollte nicht dazu führen, dass es keine Anstrengungen unternimmt. Oder um im Bild zu bleiben: Das Unternehmen sollte beginnen, sich auf den Weg zu machen.

Pragmatismus vor Perfektion

Viele Unternehmen – auch die großen Konzerne – sind längst unterwegs. Das ist positiv. Um Restemissionen auszugleichen und Klimaneutralität zu erreichen, können Unternehmen diese kompensieren. Immer wieder höre ich, Kompensation sei »Greenwashing« und man dürfe Unternehmen »keinen einfachen Ausweg« aus ihrer Verantwortung für den Klimaschutz bieten. Ich bin da anderer Meinung. Für mich gilt in diesem Fall: Pragmatismus vor Perfektion. Denn mithilfe von CO₂-Kompensation kann Klimaneutralität deutlich schneller erreicht werden.

Gute, zertifizierte Kompensationsprojekte sind ein hilfreiches Unterstützungsangebot, um Restemissionen unmittelbar auszugleichen. Darüber hinaus fördert die Kompensation Klimagerechtigkeit, weil sie Klimaschutz durch Technologietransfer in den ärmsten Regionen der Welt ermöglicht, die am wenigsten zum Klimawandel beitragen. Durch die Kompensation können fortschrittliche, klimafreundliche Technologien vor Ort finanziert und Arbeitsplätze geschaffen werden. Die positive Wirkung auf das Klima und die Entwicklung in diesen Ländern ist also insgesamt mit Kompensation ungleich höher als ohne sie.

Meine Erfahrung mit Unternehmen zeigt: CO₂-Kompensation gibt Emissionen einen Wert und schafft daher Bewusstsein, was diese kosten bzw. welche Kosten Treibhausgase für unsere Umwelt verursachen. Nichts anderes möchte die Politik mit dem CO₂-Preis erzielen: Umweltschäden sollen ins Bewusstsein von Wirtschaft und Öffentlichkeit gelangen. Durch eine ordentlich bepreiste Kompensation passiert genau das: Emissionen erhalten einen Gegenwert, was Unternehmen zusätzlich dazu motiviert, diese kontinuierlich zu reduzieren.

Im besten Fall wird Kompensation in 20 Jahren überflüssig – so zumindest die Theorie. Prognosen des Weltklimarats sagen etwas anderes: Demnach werden selbst im Jahr 2050 global gesehen noch für über 1 Milliarde Tonnen CO₂-Ausgleichsmaßnahmen unterschiedlicher Natur nötig sein. CO₂-Senken, also naturnahe Ansätze wie Wälder oder Moore, die Treibhausgase binden. Technologische Lösungen, die CO₂ zum Beispiel aus der Luft absaugen. Aber eben auch immer noch Kompensationsmaßnahmen, die dann seit Jahrzehnten etabliert sein werden.

Global denken, regional anpacken

Für mich ist der Klimawandel die größte Herausforderung unserer Zeit, weil sie global gedacht, aber regional angepackt werden muss. Um möglichst viele Menschen zum Mitmachen

beim Klimaschutz zu motivieren, muss verständlich gemacht werden, was jede Einzelne und jeder Einzelne davon hat. Wir brauchen dafür positive Narrative. Diese fehlen derzeit leider. Dabei ist schon lange erforscht, dass Menschen sich von positiven Bildern weit mehr motivieren lassen als von negativen.

Ich bin überzeugt: Wenn wir Best-Practice-Beispiele entwickeln und aufzeigen, wie die Welt von morgen aussehen kann, wenn die Erderwärmung auf ein erträgliches Maß begrenzt wird, sind die Menschen bereit, ihren Anteil zu leisten und mitzumachen. Daher brauchen wir einfache Angebote vor Ort: in den Schulen, in den Unternehmen und Betrieben, in Sport- und Kulturvereinen, auf öffentlichen Plätzen. Eben dort, wo die Menschen sind. Unternehmen sind hierbei Vermittler, sie können sehr wichtige Impulsgeber sein und ein befruchtendes Gemeinschaftsgefühl unter den Beschäftigten erzeugen.

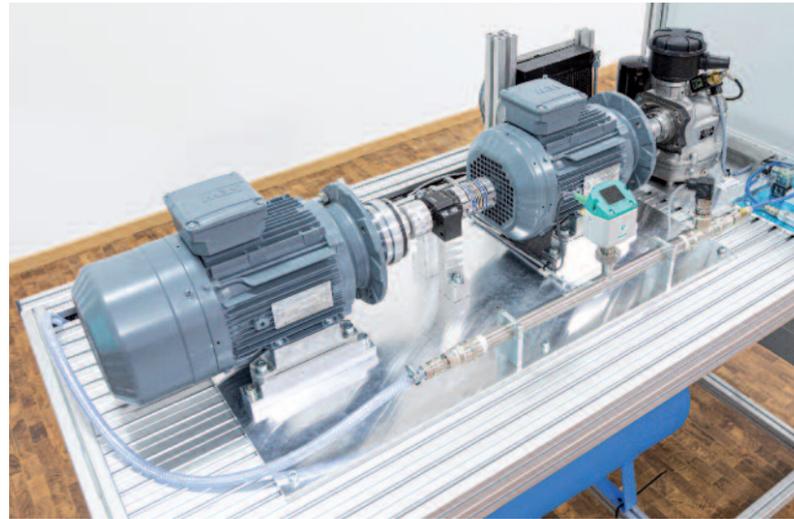
Als Klimaschutzstiftung wollen wir zeigen, wie klimafreundliches Verhalten belohnt werden und Spaß machen kann. Nur so wird die Eigeninitiative gefördert. Einen idealen Einstieg bieten CO₂-Rechner und Apps. Mit CO₂-Rechnern unserer Klimaschutzstiftung Baden-Württemberg können kleinere Unternehmen wie auch Privatpersonen ihren CO₂-Fußabdruck erfassen. Sofern es nicht möglich ist, den eigenen Verbrauch zu reduzieren, bildet auch an diesem Punkt ein Kompensationsangebot die Brücke zu klimafreundlichem Handeln. ■



Julia Kovar-Mühlhausen leitet seit Februar 2021 die neue Klimaschutzstiftung Baden-Württemberg, die als Drehscheibe für freiwillige CO₂-Kompensation im Land agiert. Die Betriebswirtin verantwortet u.a. den Aufbau, die strategische Positionierung und Ausrichtung der Stiftung. Zuvor leitete sie zehn Jahre lang die Kommunikation der Baden-Württemberg Stiftung, eine der größten Stiftungen Deutschlands. Auch bei der Klimaschutzstiftung steht die politische Arbeit im Umfeld von zivilgesellschaftlichen Akteuren, Unternehmen und öffentlichen Institutionen im Mittelpunkt.

Twitter: @juliacaroko | LinkedIn: Julia Kovar-Mühlhausen

Druckluft energieflexibel erzeugen



Die Druckluftherzeugung ist für viele Produzierende ein maßgeblicher wirtschaftlicher Faktor. Bivalent erzeugte Druckluft reduziert Energiekosten und erhöht die Energieeffizienz der Anlagen. Bivalent bedeutet, dass der Verdichter mit zwei unterschiedlichen Energieträgern betrieben werden kann, nämlich mit dem, der gerade besser geeignet und günstiger ist. Das Fraunhofer IPA und das EEP der Universität Stuttgart haben nun einen Prototyp speziell für die Druckluftherzeugung entwickelt und wollen eine bivalente Anlage in den Branchen Lebensmittelindustrie und der Metallverarbeitung produktionsnah einsetzen.

Druckluft ist eines der gängigsten und teuersten Medien in der Industrie. Der genutzte Strom kann je nach Beschaffenheit der Druckluftqualität und der Effizienz der Anlagen zur Druckluftherzeugung zwanzig bis achtzig Prozent der gesamten Energiekosten eines Betriebs ausmachen. Warum also Druckluftanlagen nicht flexibel mit zwei oder mehr Energieträgern betreiben und die Energieversorgung wählen, die gerade am günstigsten ist? Zudem können Unternehmen mit diesen bivalenten Anlagen einen erheblichen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten.

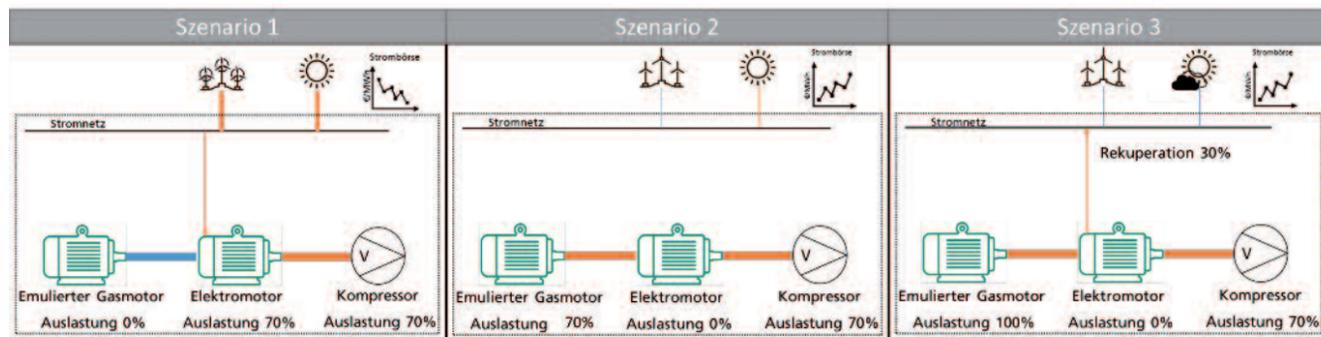
An Wind und Wetter angepasst: bivalente Druckluftbereitstellung

An einem windigen Sommertag mit hohem regenerativen Anteil an der Stromerzeugung sind die Strompreise niedrig (vielleicht sogar negativ) und ein CO₂-armer Strombezug aus dem Netz ist möglich. Das Unternehmen wird sich für die Druck-

luftherzeugung mit Elektromotor entscheiden. An einem normalen Tag hingegen wird der regenerative Anteil an der Stromerzeugung niedriger sein und meist ist der Strompreis dann auch höher. Ein CO₂-armer Strombezug aus dem Netz ist nicht möglich. Die Druckluft sollte dann mit einem Gasmotor erzeugt werden – idealerweise mit Holzgas, Biogas, perspektivisch auch grünem Wasserstoff angetrieben, also einem klimaneutralen Gas. Dabei bleibt der Effizienzgedanke immer im Blickfeld. Die erzeugte Wärme des bivalenten Druckluftheizkraftwerks (DHKW) sollte genutzt oder zwischengespeichert werden.

Der niedrige regenerative Anteil der Stromerzeugung kann den Strompreis in die Höhe treiben. Ein CO₂-armer Strombezug aus dem Netz ist nicht möglich, aber es winken zusätzliche Erlöse durch den Stromverkauf. Die Druckluftherzeugung mit Gasmotor und Rekuperation ist daher optimal.

Simulierte Szenarien mit dem bivalenten Druckluftdemonstrator – in allen Eventualitäten effizient und Residuallast-angepasst.



Energieeffizient bei hohem Wärme- und Druckluftbedarf

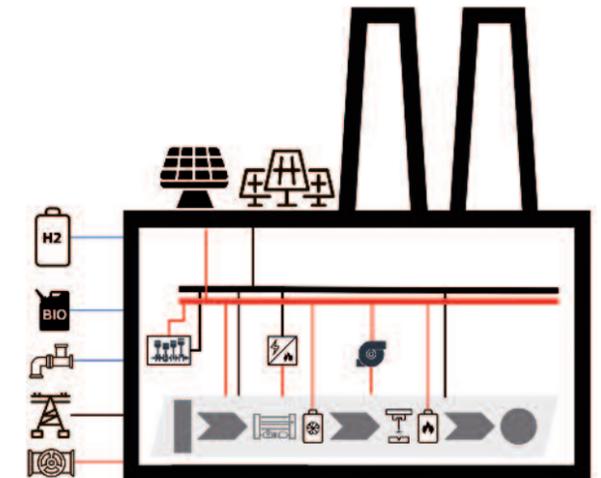
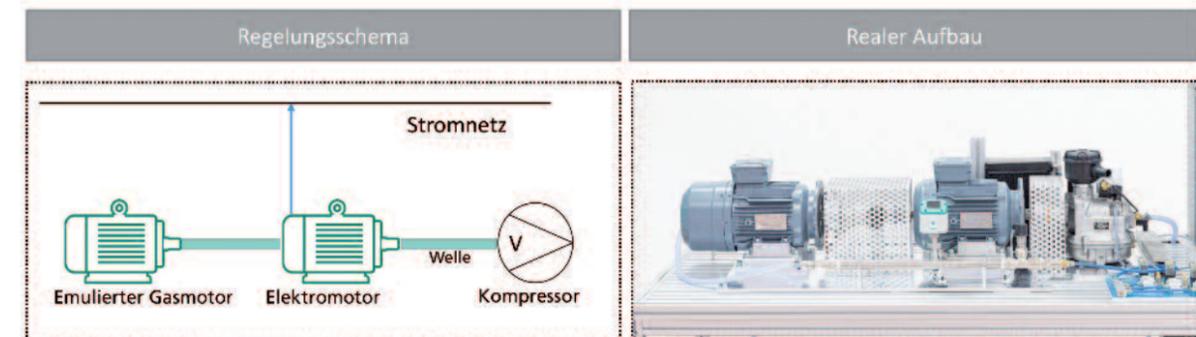
Die bivalente Druckluftherzeugung kann in vielen Unternehmen eingesetzt werden. Wichtig für einen ökonomischen Betrieb ist eine lange Laufzeit der Maschine innerhalb eines Jahres. Erzielt wird das durch einen – idealerweise konstant – hohen Wärme- und Druckluftbedarf. Ähnlich wie bei einem gewöhnlichen Blockheizkraftwerk (BHKW) kann die erzeugte Wärme (<100 °C) für Prozesse, Warmwasser oder für die Heizung eingesetzt werden.

Ein weiterer Vorteil gegenüber konventionellen DHKW ist die Rekuperation: Bei abfallendem Druckluftbedarf wird Strom produziert. Anstatt die Anlagen wegen geringeren Druckluftbedarfs zu drosseln, wird durch die Stromerzeugung eine längere Jahresnutzungsdauer bei Volllast erreicht. Der überschüssige Strom kann ins Netz eingespeist werden, sodass neben der Effizienzsteigerung aufgrund der Volllast auch eine Einspeisungsvergütung erwirtschaftet wird. Auch im Vergleich mit einem BHKW hat das hybride DHKW den Vorteil, dass nur auf den rekuperierten Strom die EEG-Umlage gezahlt werden muss. Dadurch ist der Betrieb im Vergleich zu einer Kombination aus BHKW und strombetriebenen Kompressor bei gleicher Anlagenauslastung signifikant günstiger. Zudem ist eine solche Anlage auch effizienter, da weniger Umwandlungsverluste anfallen.

Fazit

Wenn mehrere, insbesondere regenerative Energiequellen zum effizienten Betrieb von Produktionsprozessen herangezogen werden, reduzieren sich die Energiekosten und die Ressourceneffizienz wird erhöht. Die Versorgungs-, Planungs- und Ausfallsicherheit wird höher und die Abhängigkeit von einer Energiequelle sinkt – ebenso wie der CO₂-Footprint des Unternehmens. ■

Bivalenter Druckluftdemonstrator mit emuliertem Gasmotor.



Innovative und klimaneutrale Wärme- und Kälteversorgung für Unternehmen.

Bivalenter Druckluftdemonstrator

Im Rahmen des Projekts »SynErgie« wurde am Fraunhofer IPA ein erster Demonstrator aufgebaut, mit dem die Machbarkeit einer bivalenten Druckluftbereitstellung validiert wurde. Die Konzepte zur Umstellung von Druckluftanlagen auf bivalenten Betrieb sowie die Regelstrategien für eine bivalente Druckluftbereitstellung waren erfolgreich. Die Maschine demonstriert die Energieflexibilisierung bei der Druckluftherzeugung, wobei die Kerninnovation gegenüber dem Stand der Technik die Integration eines Verbrennungsmotors und eines elektrischen Antriebs an einen Kompressor ist. Die innovative Regelung und Steuerung soll perspektivisch völlig autonom zwischen den beiden Energieträgern wechseln.

Kontakt

Ekrem Köse
 Telefon +49 711 970-3624
 ekrem.koese@ipa.fraunhofer.de

Jan-Niklas Gerdes
 Telefon +49 711 970-1675
 jan-niklas.gerdes@ipa.fraunhofer.de

Gleichstrom als Enabler der Energieflexibilisierung

Der heutige elektrische Energiefluss im Unternehmen mit einer Wechselstromversorgung ist geprägt von einem im Wesentlichen unidirektionalen Energiefluss, beginnend beim Mittelspannungstransformator, über Stromschienen, Verteilschränke bis in die Maschine zum jeweiligen Antrieb. Dabei findet, sofern es sich um geregelte Lasten wie Antriebe handelt, bereits eine Wandlung von Wechselstrom (AC) auf Gleichstrom (DC) statt und anschließend wieder zurück auf einen in der Frequenz modellierten Wechselstrom. Diese Kette aus Wandlungsstellen in der Energieübertragung eines Fabriknetzes ist mit Verlusten behaftet.

Energieflexibilität ohne weitere Investitionen und IT

Die Gleichstromversorgung in der Fabrik setzt dort an. Statt dezentraler Gleichrichter direkt am Antrieb oder an anderen, geregelten Verbrauchern wird direkt am Mittelspannungstransformator – also am Energieeingang der Fabrik – die Ver-

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

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

DC-Netz spart 10 Prozent Strom

Der Vergleich der Wirkungsgrade entlang der Wandlungskette deckt die Effizienzunterschiede in einem DC-Netz im Vergleich zu einem AC-Netz auf. Während im AC-Netz Verluste auf den Leitungen durch Oberschwingungen entstehen, können diese Verluste in einem DC-Netz bei gleichem Leitungsquerschnitt halbiert werden. Zusätzlich verringern sich die Verluste in den Netzfiltern sowie im Transformator. In der Summe ergibt sich für einen geregelten Antrieb ein Effizienzvorteil von 2 bis 3,3 Prozent in einem DC-Netz gegenüber einem AC-Netz.

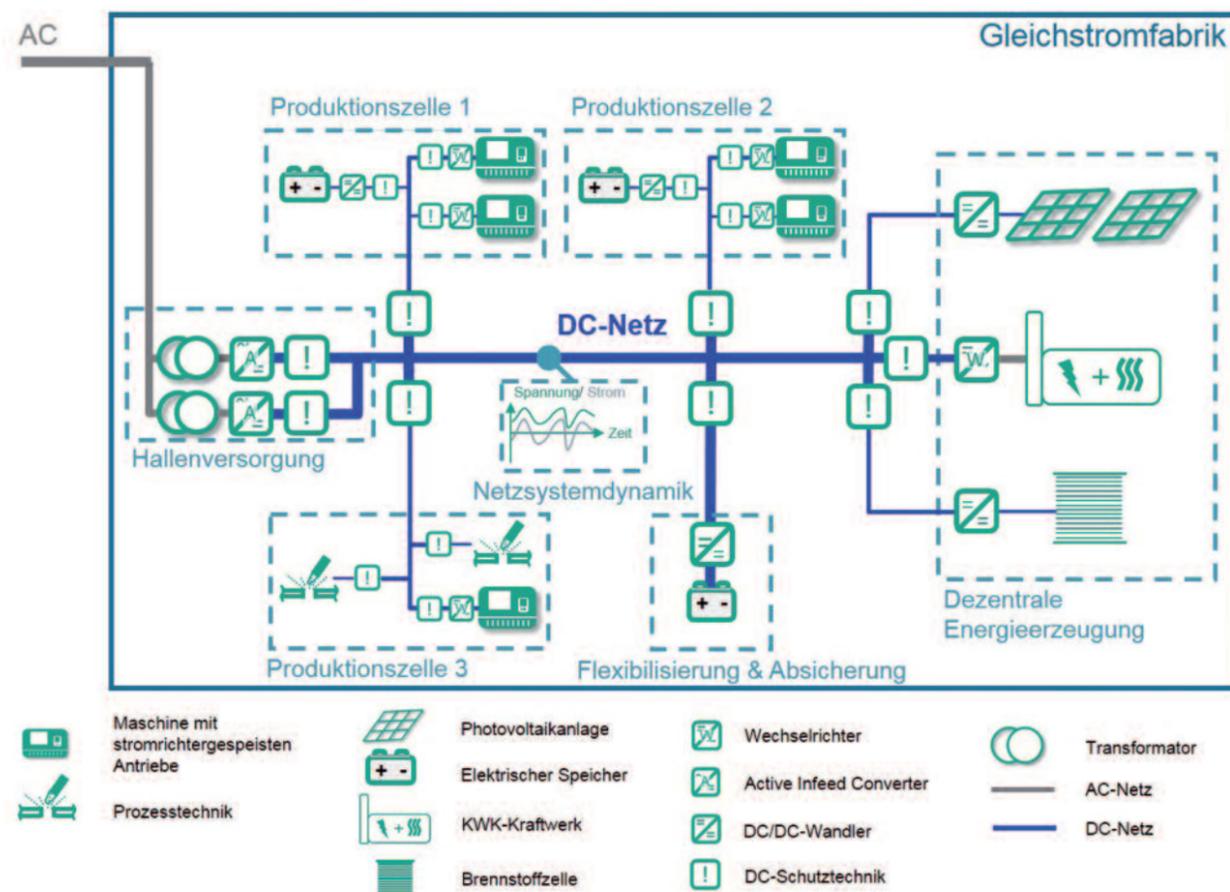
rekuperierten Bremsenergie hinzugerechnet werden. Dieses Effizienzpotenzial hängt vom Prozess und den eingesetzten Maschinen ab und kann bis zu 24 Prozent betragen. In Summe hat die DC-Versorgung in einer Fabrik das Potenzial, bis zu 10 Prozent der elektrischen Energie einzusparen. ■

Kontakt

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

Darian Andreas Schaab
Telefon +49 711 970-1065
darian.andreas.schaab@ipa.fraunhofer.de

Zu diesem systemischen Effizienzpotenzial, das sich in ausgedehnten Netzen durch die Übertragungsverluste auf den längeren Leitungen noch verstärkt, kann die direkte Nutzung der



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

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

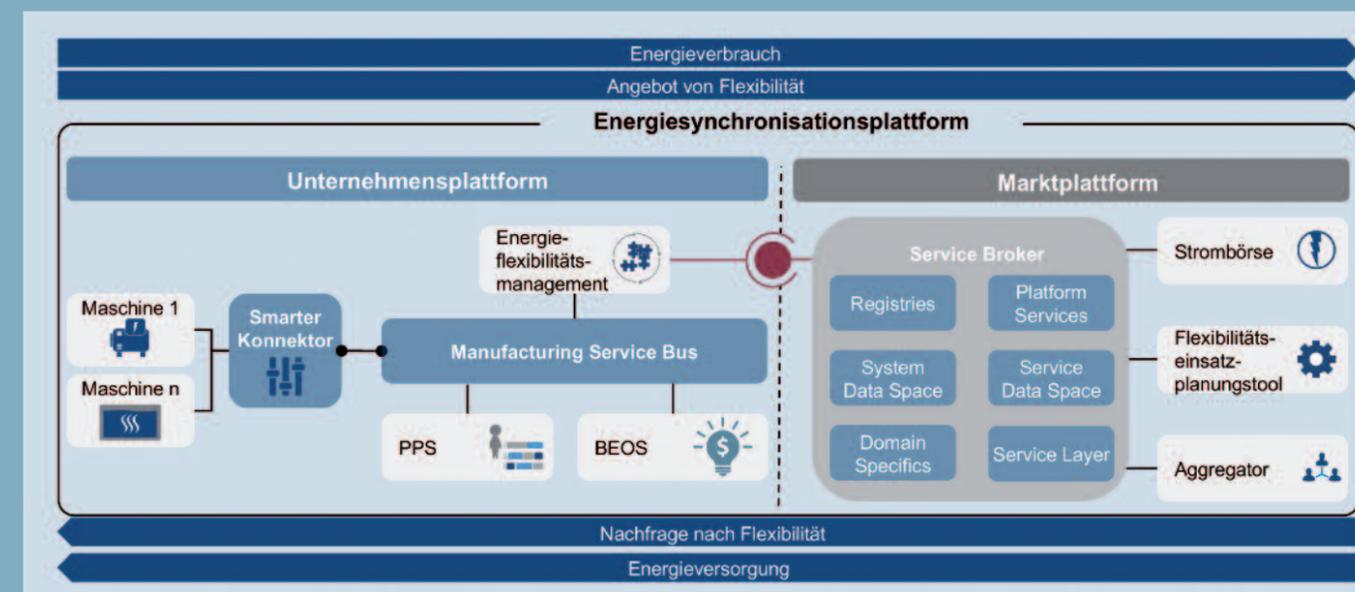
Die Gleichstromfabrik
Energieeffizient. Robust. Zukunftsweisend.
Alexander Sauer (Hrsg.)

eISBN: 978-3-446-46612-8 | Print ISBN: 978-3-446-46581-7 | © 2020 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

Mit autonomen Robotern die Stromkosten senken



Autonome Roboter als Zwischenspeicher in der Produktion.



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

Forschende am IPA entwickeln einen Software-Service zur effizienten Energienutzung in der Produktion. Eine zentrale Rolle spielen dabei die Batterien von Robotern. Mit ihnen lassen sich Verbrauchs-Peaks abpuffern. Eine erste Anwendung für die Energiesynchronisationsplattform der Zukunft.

Wenn in der Fabrik alle Bänder anlaufen oder ein wichtiger Auftrag abgearbeitet werden muss, bei dem alle Maschinen im Einsatz sind, steigt der Stromverbrauch sprunghaft an. Diese Lastspitzen, auch Peaks genannt, können für ein Unternehmen teuer werden, denn die Stromanbieter verwenden genau diese Spitzenwerte, um das Nutzungsentgelt zu berechnen, bei Überschreitung werden zusätzliche Gebühren fällig.

Wie aber lassen sich Peaks vermeiden? Die Produktion drosseln? Stationäre Batterien installieren, die den erhöhten Strombedarf abpuffern können? Ein Forscher-Team vom IPA und der Uni-

versität Stuttgart hat eine kostengünstige Alternative entwickelt: »Wir wollen bestehende Ressourcen besser nutzen«, erklärt Ozan Yesilyurt vom Kompetenzzentrum DigITools am IPA. »In vielen Unternehmen gibt es fahrerlose Transportsysteme, die mit leistungsfähigen Batterien ausgestattet sind. Diese Kapazität ließe sich nutzen, um Verbrauchs-Peaks zu vermeiden: Dafür müsste man die autonomen Roboter nur bei steigendem Strombedarf zu den Ladestationen holen und überschüssige Ladung ins unternehmenseigene Netz einspeisen.«

Peak-Rasur hilft sparen

All dies ist machbar, das zeigt eine Studie des Stuttgarter Forscher-Teams: Mit »Peak Shaving«, einem Abrasieren der Verbrauchs-Peaks durch Nutzung autonomer Transportsysteme könnten kleine und mittlere Unternehmen allein in Deutschland viel Geld sparen. Und auch für die Netzbetreiber wäre die Peak-Rasur von Vorteil: Sie müssten nicht mehr die hohen Leistungen vorhalten, die die Kunden nur selten benötigen.

Der Verbrauch wäre kalkulierbarer und damit würde es auch in Zukunft, wenn immer mehr Energie aus erneuerbaren Quellen kommt, einfacher, den Bedarf zu decken. »Wind und Sonne sind nicht ständig verfügbar, umso wichtiger wird es sein, die vorhandene Energie effizient und flexibel zu nutzen«, betont Yesilyurt.

Der Batterie-Einsatz-Optimierungs-Service, kurz BEOS, den die Forscher entwickelt haben, kann dabei helfen. Um die optimalen Zeitfenster für Ladung und Entladung der Batterien zu errechnen, berücksichtigt die Software eine Vielzahl von Faktoren: den Ladezustand der Transportsysteme und ihrer Auslastung, die Produktionsdaten des Unternehmens, den Strombedarf der einzelnen Maschinen, die Preise an der Strombörse, die Tarife des Energieversorgers und die vertraglich festgelegte Höchstleistung.

Energie flexibel nutzen

Noch ist BEOS eine Insellösung. Doch bis Ende nächsten Jahres soll der Batterie-Optimierungs-Service eingebunden sein in die Energiesynchronisationsplattform, die derzeit im BMBF-Projekt SynErgie entwickelt wird. BEOS wird dann einer von vielen Services sein, die Unternehmen zur Verfügung stehen, um Energie flexibler und effizienter zu nutzen. Geplant sind beispielsweise Prognosetools für Strompreise oder Produktionsmanagementsysteme.

Über die Plattform sollen sich künftig Unternehmen auch untereinander vernetzen können, um Peaks im Energieverbrauch abzupuffern. Diejenigen, die Überschüsse haben, können den Strom dann ohne bürokratischen Aufwand an Firmen abgeben, die ihn gerade benötigen. Wer die Batterien seiner autonomen Roboter zu einem günstigen Tarif aufgeladen hat, kann den Strom dann auf dem Intraday-Markt sogar mit Gewinn verkaufen. ■

Kontakt

Ozan Yesilyurt

Telefon +49 711 970-1778

ozan.yesilyurt@ipa.fraunhofer.de

Seminar

Industrielle Robotik- Anwendungen mit Mensch-Roboter- Kollaboration (MRK)

Von der Konzeption bis zur Umsetzung

17. Februar 2022, 9.30 Uhr bis 16.00 Uhr

Nicht alle Roboterinstallationen müssen vollautomatisch ablaufen. Eine sinnvolle Aufgabenteilung zwischen Mensch und Roboter kann einen Mehrwert bieten – für Bediener und Betreiber. Wenn Mensch und Roboter sich einen Arbeitsplatz teilen oder sich einer Aufgabe gemeinsam widmen, spricht man von Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK). Wie Sie MRK-Anlagen erfolgreich und sicher umsetzen, erfahren Sie in diesem Seminar. Dabei wird auf mögliche Sicherheitskonzepte genauso eingegangen wie auf Besonderheiten bei der Risiko-beurteilung von MRK-Anlagen.

Themen

- Einführung in die MRK
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Risikobeurteilung
- Sichere Umsetzung anhand von Praxisbeispielen
- Praxisübung und Laborführung
- Aktuelles aus der Forschung zu MRK-Technologien

Zielgruppe

Produzierende Unternehmen, die MRK einsetzen wollen
System-Integratoren, die in MRK einsteigen wollen

Anmeldung und weitere Informationen

<https://www.ipa.fraunhofer.de/mrk>

Automatisierungspotenzialen auf der Spur

Viele Unternehmen möchten gerne mehr automatisieren und Roboter einsetzen. An welchen Stellen dies technisch und wirtschaftlich innerhalb einer Produktion sinnvoll ist, ermittelt die »Automatisierungs-Potenzialanalyse« (APA) des Fraunhofer IPA. Neuerdings ist eine Variante der APA auch standortübergreifend einsetzbar. IPA-Experten werten hierfür Produktionsdaten aus und geben so eine Entscheidungsgrundlage, welche Werke für mehr Automatisierung infrage kämen.

Automatisierung ist kein Allheilmittel und kein Selbstzweck – aber sie ist im Kontext aktueller gesellschaftlicher Herausforderungen für viele Unternehmen ein entscheidender Wettbewerbsfaktor geworden. Zu diesen Herausforderungen gehört ein ganzer Strauß an Entwicklungen, auf die mehr Automatisierung eine Antwort sein kann.

Der demographische Wandel bedingt, dass Mitarbeitende auch im höheren Alter mitunter körperlich belastende Aufgaben ausführen müssen. Automatisierung und auch körpergetragene Hebehilfen können hier entlasten. Der Fachkräftemangel macht sich in vielen Branchen bemerkbar und mehr Automatisierung kann helfen, Produktionskapazitäten zu halten oder gar temporär zu steigern. Seit dem Beginn der Corona-Pandemie beschäftigen sich viele Unternehmen zudem mit dem »Reshoring«, dem Zurückholen von Produktionen an den heimischen Standort. Es braucht weniger manuelle Arbeit, um in einem Hochlohnland wie Deutschland konkurrenzfähig zu bleiben. Und schließlich ist für Produktionen der Trend zur Individualisierung herausfordernd: Individuelle Produkte sollen zum Preis eines Massenprodukts gefertigt werden – und am besten »sofort« verfügbar sein. Ging also früher mit der Automatisierung oft das Schreckgespenst des Arbeitsplatzverlustes einher, so wird sie zunehmend zum Garant für Wohlstand. Denn selbst steigende Löhne helfen nicht gegen einen leergefegten Arbeitsmarkt.

Systematisch vorgehen

Vieles spricht also für eine Automatisierung – aber an welchen Stellen und für welche Aufgaben ist sie am besten einzusetzen? Das ist nicht immer einfach zu sagen und hängt von der Ausgangssituation des Unternehmens ab. Für die Werkleiter sind



dies aber essenzielle Fragen, denn sie müssen regelmäßig eine höhere Produktivität erreichen. Um also eine fundierte Entscheidung über den Einsatz von Automatisierungslösungen treffen und damit zwischen Chancen und Risiken für spezifische Prozesse, beispielsweise in der Montage, abwägen zu können, bedarf es einer strukturierten Vorgehensweise. Das Fraunhofer IPA setzt hierfür einen vierstufigen »Fahrplan« ein.

Er startet mit der Automatisierungs-Potenzialanalyse (APA). Hier werden wirtschaftlich und technisch sinnvoll automatisierbare Prozessschritte ermittelt. Darauf aufbauend konzipieren die IPA-Experten eine Lösung, die auch Amortisierungszeiten berücksichtigt und mögliche Umsetzungen zeigt. In der anschließenden Machbarkeitsuntersuchung werden kritische Prozessschritte per Simulation oder Experiment untersucht und abgesichert sowie Fragen der Personensicherheit und »Safety« geklärt. Im vierten Schritt wird die Planung umgesetzt und das Robotersystem realisiert.

Prozesse dokumentieren

Um die Grundlagen für die APA zu ermitteln, nehmen IPA-Experten während einer Produktionsbegehung oder virtuell mithilfe digitaler Tools zum Beispiel alle Montageschritte chronologisch auf und dokumentieren die Art der Teilebereitstellung und den Prozess selbst. Dazu gehören die Vereinzelung, Handhabung, Positionierung und der eigentliche Fügeprozess. Jeder dieser Faktoren besteht dann wieder aus einer Sub-Struktur, deren Elemente mit unterschiedlicher Gewichtung in die Berechnung einfließen. Die Positionierung wird beispielsweise in die Kriterien Toleranzen der Zielposition, vorhandene Positionierhilfen, Zugänglichkeit, Fügebewegung, Fügetoleranzen und Haltestabilität untergliedert und jeder Prozess entsprechend bewertet.

Unternehmen können die APA auch selbst mit einer App durchführen, die das Fraunhofer IPA über einen Lizenzvertrag anbietet. Neuerdings bietet das Institut auch einen Demonstrator zu Schulungszwecken an, der auf das eigenständige Durchführen einer APA vorbereitet.

Ganz gleich, wie die APA ausgeführt wurde: Sie generiert für jeden Prozess eine Bewertung bezüglich der Machbarkeit einer Automatisierung. Diese Bewertungen werden in einer Matrix visualisiert und in drei Kategorien mit entsprechenden Handlungsoptionen klassifiziert. Für Roboter einfach auszuführende Prozesse wie »pick & place« und typischerweise in Kombination mit Mehrschichtbetrieb lassen sich mit schnellem Return on Invest mit einer Standardautomatisierung umsetzen. Bei Prozessen, die wirtschaftlich ebenfalls interessant, aber zu speziell sind, bedarf es eines Systemintegrators, der eine individuell passende Automatisierungslösung entwickelt. Und bei technisch bislang nicht automatisierbaren Produkten (z. B. biegeschlaffen oder transparenten Bauteilen) kann, wenn der Endkunde eine Änderung der Bauteile erlaubt, das Bauteildesign im Kontext des »Design for Automation« automatisierungsgerecht verändert und damit der Prozess in den Bereich der Spezialautomatisierung verschoben werden.

Standortübergreifend analysieren

Die APA ist ein Verfahren, das die Mitarbeitenden des Fraunhofer IPA bereits seit Jahren international erfolgreich eingesetzt haben. Beispielsweise kam es bei einem großen Hersteller von Elektrogeräten an allen Standorten weltweit zum Einsatz. Die APA bezieht sich allerdings auf eine Produktionslinie, für

die mögliche Automatisierungslösungen systematisch ermittelt werden. Jetzt gibt es noch eine erweiterte Form der APA, die gerade für Unternehmen mit vielen Produktionen interessant ist.

Diese standortübergreifende APA, auch APA-Executive genannt, arbeitet im Gegensatz zur bisherigen Vor-Ort-Analyse eines Produktionsstandortes rein datenbasiert. Mithilfe des Data Mining und klassischen Methoden der Statistik werden Unternehmensdaten wie Produktionsprogramme, Berichte oder SAP-Daten zunächst vergleichbar gemacht und dann analysiert. Weitere Faktoren werden ebenfalls einbezogen, beispielsweise bestehende Key Performance Indicators (KPIs) wie Produktkomplexität, Anzahl der Komponenten eines Produkts, Anzahl der Arbeitsplätze pro Werk, Abschreibungen, Saisonalitäten, stündliche Produktionskosten und auch der Anteil manueller Arbeit. Welche Daten das Unternehmen genau bereitstellen sollte, kann individuell variieren, da nicht immer jede KPI für alle Werke sinnvoll auswertbar ist.

Gesamtpaket nutzen

Liegt diese umfangreiche Datenbasis – ihre Größe kann bis zu mehreren Terrabytes reichen – einmal vollständig analysiert vor, führen die IPA-Experten im Folgeschritt Experteninterviews mit Werkleitern durch und diskutieren die Ergebnisse stichprobenartig. Dies ist wichtig, damit die Ergebnisse des Data Mining noch einmal mit den realen Bedingungen vor Ort gespiegelt werden, sodass auch jede KPI wirklich stimmig ist. Als Ergebnis der APA-Executive weiß ein Unternehmen, welche seiner Werke ein generell hohes Automatisierungspotenzial haben. Hier kann dann die klassische APA direkt in der Produktion ausgeführt werden. Mit diesem Gesamtpaket einer zunächst generischeren und dann detaillierten APA erhalten Unternehmen eine fundierte und belastbare Entscheidungsgrundlage, um weitere Schritte in Richtung Automatisierung zu gehen. ■

Kontakt

Alexander Neb
Telefon +49 711 9701353
alexander.neb@ipa.fraunhofer.de



3 Fragen an ...

Alexander Neb, Mit-Entwickler der Automatisierungs-Potenzialanalyse (APA)

Die APA ist ein Verfahren, das Sie und Ihre Kollegen bereits seit Jahren einsetzen. Wie kam es dazu, dieses zu entwickeln?

Nicht nur Unternehmen möchten herausfinden, wo sich Automatisierung lohnt, sondern auch wir selbst müssen die geeigneten Prozesse erst einmal erkennen. Das Wissen hierüber ist viel implizites Expertenwissen, das sich Systemintegratoren zunächst über Jahre aneignen müssen. Doch selbst dann können die Meinungen noch auseinandergehen. Passend hierzu gibt es das bekannte Sprichwort, dass die Ansichten von neun Ingenieuren zu zehn Lösungen führen. Um dies zu vermeiden und unser Wissen zu kanalisieren, haben wir die APA entwickelt. Mit ihr kommen besagte neun Ingenieure zu einer Lösung, die sämtliches Wissen beinhaltet.

Welche Herausforderungen bezüglich einer gewünschten Automatisierung erleben Sie bei Unternehmen besonders häufig?

Die größten Herausforderungen sind die Bereitstellung und die Vereinzelung der Bauteile. Viele Automatisierungsversuche scheitern deshalb daran, dass die Teilebereitstellung außer Acht gelassen wird und Unternehmen somit ungeplant in Vereinzelungsanlagen investieren müssen. Die APA-App hilft Unternehmen, diese Faktoren schon im Vorfeld zu betrachten. Zudem schlägt die APA-App Alternativen oder besser geeignete Möglichkeiten vor, um Bauteile bereitzustellen.

In der Vergangenheit haben wir oft erlebt, dass schon während der APA die Teilebereitstellung direkt vor Ort hinterfragt wurde. Ich erinnere mich an Fälle, in denen schwer vereinzelbare Teile als Schüttgut bereitgestellt wurden. Allerdings nur deshalb, weil ein interner Mitarbeiter in einem vorgelagerten Prozess die Bauteile nach einer Kontrolle lose in eine Kiste ge-

legt hat. Wir haben diesen Prozess dann angepasst, indem die Bauteile nach der Kontrolle in magazinierte Formnester gelegt wurden. So konnten wir das Automatisierungspotenzial steigern, ohne dass eine Sonderentwicklung notwendig war.

Erinnern Sie sich noch an einen besonders anspruchsvollen Prozess, bei dem es Ihnen dennoch gelungen ist, diesen zu automatisieren?

Automatisierung ist natürlich kein Wettbewerb um die schwierigste aller Lösungen, sondern wir automatisieren dort, wo es sich auch lohnt. Allerdings gibt es auch Prozesse, die wir automatisieren, weil dies aus Gründen der Sicherheit oder Ergonomie erforderlich ist. Auch bei diesen Vorhaben unterstützt unsere App. Sie kann darüber Auskunft geben, was die Herausforderungen sind und worauf besonders zu achten ist. Beispielsweise wenn die Fügestelle nur eingeschränkt zugänglich oder ein sensorgeführtes Fügen vonnöten ist. Alleine durch die Tatsache, dass diese Herausforderungen bekannt sind, kann hierfür gezielt nach einer Lösung gesucht werden. So lassen sich Schritt für Schritt eben auch anspruchsvolle Prozesse automatisieren, ohne von Hindernissen überrascht zu werden, wie beispielsweise die Montage eines KFZ-Türgriffs mit einer eingeschränkten Sicht auf die Fügefläche. Hier war dann unsere sensorgeführte Montageanwendung »pitasc« die Lösung. ■

Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB) eröffnet

»Mit dem ZDB am Fraunhofer IPA in Stuttgart wurde im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft BW ein in Deutschland einmaliges Forschungszentrum aufgebaut. Dieses leistet einen maßgeblichen Beitrag, damit Wissenschaft und Wirtschaft im Land weitere Entwicklungen vorantreiben können. Wir müssen unser führendes Know-how im Bereich Industrie 4.0 nutzen, um uns auch bei diesem so wichtigen Zukunftsbereich in eine gute Position zu bringen«, betonte Wirtschaftsministerin Nicole Hoffmeister-Kraut bei der Eröffnung am 20. September 2021. Schlüsseltechnologie der Elektromobilität ist die Batterie zelle – und die kommt bisher überwiegend aus China, Südkorea, Japan und den Vereinigten Staaten. Doch das soll sich ändern. »Wenn die deutsche Industrie künftig nicht mehr von asiatischen Batterie zellenproduzenten abhängig sein soll, müssen wir in Deutschland und Europa nicht nur unseren Rückstand aufholen,

sondern die Technologieführerschaft übernehmen«, sagte Professor Alexander Sauer. Sauer leitet neben dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA auch das Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP der Universität Stuttgart.

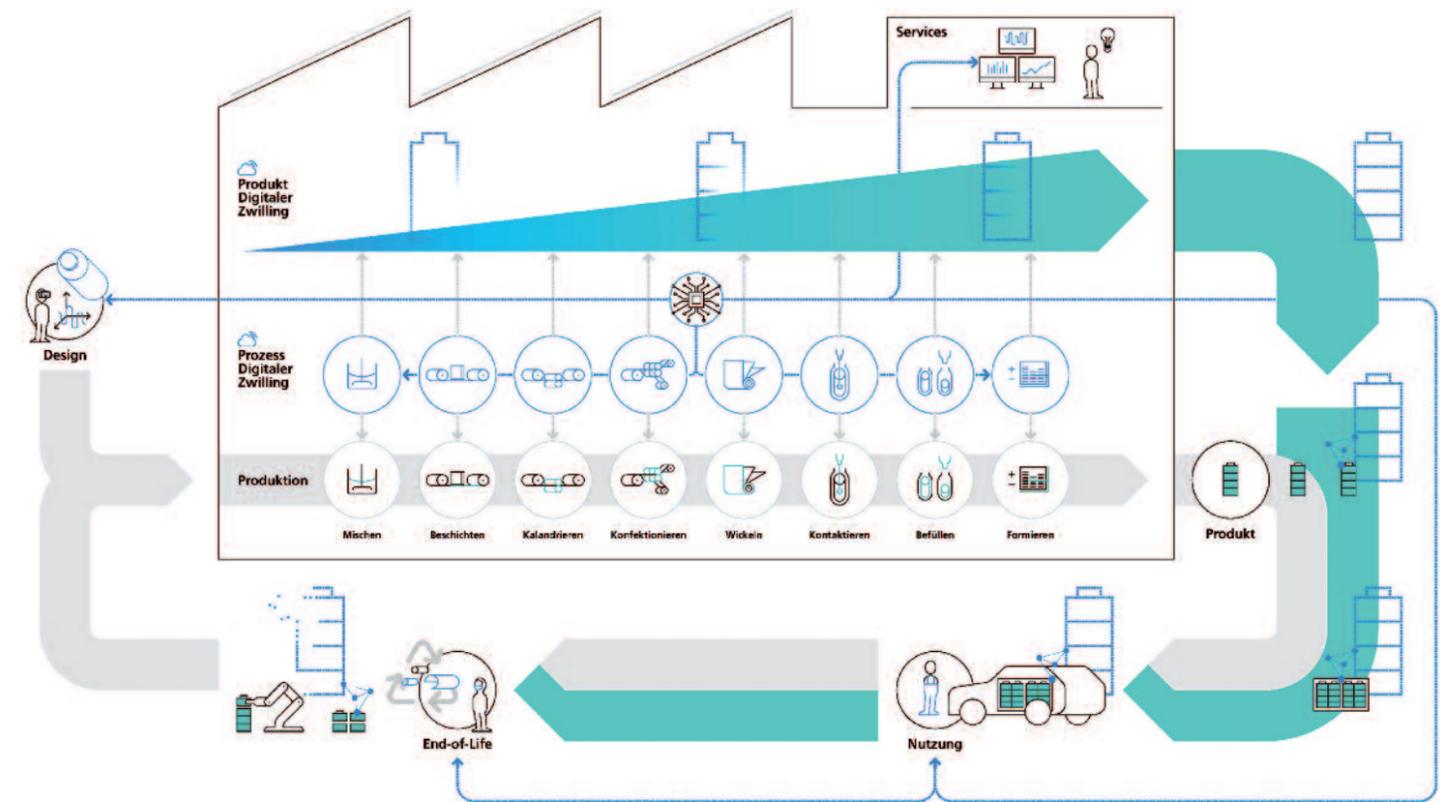
Digitalisierung ist Schlüssel zur Technologieführerschaft

»Der Aussage, der Zug für Batterie zellfertigung sei abgefahren, kann man keinesfalls zustimmen. Im Gegenteil: Gerade weil zukünftig viele Gigawattstunden an Batteriekapazität benötigt werden, ist Spielraum für neue Akteure und verbesserte Ansätze vorhanden«, sagte Professor Kai Peter Birke, der das ZDB leitet und die Professur für Elektrische Energiespeichersysteme an der Universität Stuttgart innehat.

Einen der Schlüssel zur Technologieführerschaft sehen Sauer und Birke in der Digitalisierung der Batterie zellenproduktion. Genau das haben sich Forscherinnen und Forscher vom Fraunhofer IPA vorgenommen. In den vergangenen knapp drei Jahren haben sie auf dem Fraunhofer-Campus in Stuttgart-Vaihingen das neue ZDB aufgebaut. In enger Zusammenarbeit mit der VARTA AG haben sie dort wesentliche Teile der Prozesskette der Batterie zellenproduktion im Labormaßstab nachgebaut und die einzelnen Stationen digital miteinander vernetzt.

Produktionsdaten legen Optimierungspotenzial offen

Diese Vernetzung über die gesamte Prozesskette hinweg generiert riesige Mengen an Daten, die das Forschungsteam sammelt, zusammenführt und auswertet. Diese lückenlose Nachverfolgbarkeit der Produktion soll künftig in Echtzeit geschehen – mit einem sogenannten Digitalen Zwilling, einem virtuellen Abbild der Produktion. Auf diese Weise kommen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ineffizienten Prozessen auf die Spur und können sie optimieren und automatisieren. So wird zum Beispiel die Elektrolytbefüllung, einer der



wichtigsten Arbeitsschritte während der Montage, immer präziser ausgeführt, was sich positiv auf die Performance der fertigen Batterie zelle auswirkt.

Ein weiterer Schlüssel zur Technologieführerschaft liegt in der Planung von wandlungsfähigen Fabriken für die Batterie zellenproduktion. Denn es ist sehr wahrscheinlich, dass Batterie zellen schon in wenigen Jahren anders gefertigt werden als heute. Wer diese potenziellen Veränderungen schon bei der Planung einer Batterie zellenfabrik mitberücksichtigt, erspart sich in der Zukunft kostspielige und zeitraubende Um- oder Neubauten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Fraunhofer IPA berücksichtigen deshalb neben den Material- und Energie- auch die Informationsflüsse in der Batterie zellenproduktion und setzen sie zueinander in Beziehung. Dazu entwickeln sie dann ein ideales und ein reales Fabriklayout.

Symbiose bringt Forschung und Industrie voran

»Industrie und Forschung gehen im Zentrum für Digitalisierte Batterie zellenproduktion eine Symbiose ein, die beide Seiten weiterbringt«, sagte Joachim Montnacher, der am Fraunhofer IPA das Geschäftsfeld Energie leitet. So habe VARTA seit Beginn der Zusammenarbeit seine Technologieführerschaft bei Lithium-Ionen-Batterien weiter ausgebaut und das Fraunhofer

IPA habe sich zu einer der führenden Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Digitalisierten Batterie zellenproduktion entwickelt. Eines der nächsten gemeinsamen Ziele ist es ein-satzfähige Festkörperbatterien zu produzieren. Sie werden eine wesentlich höhere Energiedichte aufweisen als bisherige Batterie zellen (s. S. 42 f. und 44 f.).

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg hat den Aufbau des ZDB im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft BW mit Mitteln der Landesdigitalisierungsinitiative »digital@bw« mit knapp fünf Millionen Euro gefördert. ■

Kontakt

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



Zentrumsleiter Professor Kai Peter Birke, Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, IPA-Institutsleiter Professor Alexander Sauer und Edward Pytlik, General Manager und Head of Powercaps Division der VARTA Microbattery GmbH, bei der Eröffnung des Zentrums für Digitalisierte Batterie zellenproduktion (ZDB).

Ein Tag mit...

INGA LANDWEHR

Als Fachthemenleiterin für Energiespeicherzellen hat Inga Landwehr tagtäglich mit ganz verschiedenen Projekten und Themen rund um die Batterieforschung zu tun.

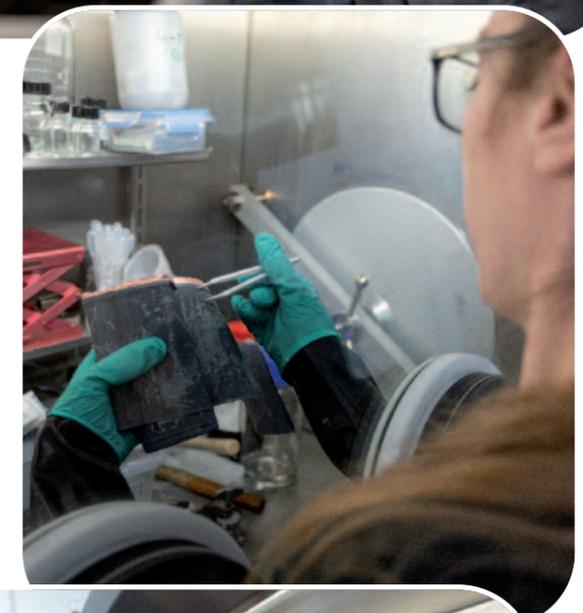
»interaktiv« hat sie einen Tag lang begleitet und ihr bei der Arbeit über die Schulter geschaut.

Für einen kurzen Augenblick scheint das Gravitationsgesetz nicht zu gelten: Aus einem kleinen Becken steigt eine schwarz-graue Pulverwolke auf. Kaum eine Sekunde vergeht, ehe sie sich auf der Unterseite einer Kupferfolie abgelagert hat, die über das Becken gespannt ist. Forscherin Inga Landwehr steht vornüber gebeugt daneben und beobachtet das Schauspiel durch eine Glasscheibe. Das Pulver besteht größtenteils aus Graphit, den man von Bleistiftminen kennt, und Landwehr hat es unter elektrische Hochspannung gesetzt, damit es aufsteigt. Die Wissenschaftlerin von der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik am Fraunhofer IPA nimmt die Spannung weg, öffnet den Glaskasten und entnimmt die Folie, die jetzt hauchdünn mit Graphit beschichtet ist. »Das ist eine Rohelektrode«, erklärt sie. »Man müsste sie nun noch erhitzen und pressen und dann könnte man sie in einem Akku verbauen, der irgendwann mal ein Elektroauto antreiben könnte.«

Die Vorrichtung zur Trockenbeschichtung in dem Glaskasten gibt es in dieser Art nirgendwo sonst auf der Welt. Landwehr hat sie über Jahre entwickelt und verbessert sie unter anderem zusammen mit verschiedenen studentischen Hilfskräften stetig weiter. Sie nennt die Vorrichtung »Elektrostatisches Applikationsbecken«. Man kann damit Elektroden für herkömmliche Lithium-Ionen-Akkus und Superkondensatoren herstellen. Aber auch für die Herstellung neuartiger Festkörperbatterien wurde die Technik bereits getestet.

Mit offenen Augen durch die Welt

Die Weiterentwicklung der Trockenbeschichtung ist nur einer von Landwehrs Forschungsschwerpunkten. Sie beschäftigt sich auch allgemein mit der Batterieproduktionstechnik, mit dem Recycling ausgedienter Energiespeicher und mit der Qualitätssicherung. Als Fachthemenleiterin für Energiespeicherzellen ist sie außerdem Ansprechpartnerin für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus anderen Abteilungen am Fraunhofer IPA, für Kolleginnen und Kollegen von anderen Forschungseinrichtungen und für die Industrie.





schlimmsten Fall zu einem Brand führen«, erklärt Landwehr. Edelgase wie Argon hingegen reagieren kaum mit anderen chemischen Elementen. Funken und Feuer sind damit ausgeschlossen.

Landwehr wickelt die Elektrode, die ursprünglich im Akku eines Elektroautos verbaut war, in der Glovebox vorsichtig auseinander. An den Faltstellen sind Risse in der Beschichtung zu erkennen. »Die entstehen bei engen Wickelradien mit der Zeit, wenn ein Akku immer wieder aufgeladen und entladen wird«, sagt

Landwehr. »Die Elektroden ›atmen‹ beim

Laden und Entladen gewissermaßen. Das Volumen der Elektroden verändert sich und damit auch der Druck. Beim Aufladen erhöht sich der Druck in der Zelle und beim Entladen nimmt er wieder ab. Dabei altert das Material.« Die schadhafte Stellen tragen nichts mehr zur Speicherkapazität des Akkus bei und obendrein lagert sich das abgeplatze Material andernorts ab und kann einen Kurzschluss verursachen. ■

Kontakt

Inga Landwehr
Telefon +49 711 970-1765
inga.landwehr@ipa.fraunhofer.de

Diese Vielfalt an Themen, Projekten und Kontakten ist Landwehr wichtig. Mit offenen Augen durch die Welt gehen, Zusammenhänge erkennen und daraus lernen – das ist ihr Lebensmotto.

Diese Vielseitigkeit zieht sich durch ihr gesamtes Leben. Als Kind spielte sie nicht ein Instrument, sondern drei verschiedene: Blockflöte, Querflöte und Klavier. Im Kirchenchor, wo sie einmal pro Woche an den Proben teilnimmt, trifft sie die hohen Töne genauso wie die tiefen. An der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg belegte sie mit Chemie- und Bioingenieurwesen einen interdisziplinären Studiengang. Nach ihrer Masterarbeit stand für Landwehr zwar fest, dass sie in der Forschung bleiben wollte. Inhaltlich hielt sie sich aber mehrere Optionen offen – und griff bei der spannendsten zu. Am 1. April 2014 trat sie ihre Stelle am Fraunhofer IPA an.

Wenn Akkus altern

Feste Größen gibt es in ihrem Leben aber selbstverständlich trotzdem. Die Beschichtungstechnik ist nur eine davon. Wenn sie nicht gerade die Trockenbeschichtung weiterentwickelt, prüft Landwehr im Auftrag ihrer Kunden konventionell beschichtete Elektroden. Für die Demontage von Batteriezellen nutzt sie eine sogenannte Glovebox, einen geschlossenen Glaskasten, in den sie mit außen befestigten armlangen Handschuhen hineingreifen kann. In der Glovebox enthält die Atmosphäre kaum Wasser und Sauerstoff, dafür aber sehr viel Argon. »Unter normalen atmosphärischen Bedingungen könnten bei der Demontage Funken entstehen, die im

Wie eine Batterieforscherin ihren Akku auflädt

Wenn Landwehr nach einem langen Arbeitstag oder einer stressigen Woche ihren persönlichen Akku aufladen möchte, hilft ihr das Singen, eine Wanderung oder eine Fahrt mit dem Mountainbike. Dabei bekommt sie den Kopf frei. Und wenn auch das nicht hilft, greift sie zum Äußersten und backt Kuchen, Muffins, Plätzchen oder dergleichen mehr. Manchmal spät abends noch. Wenn sie den Teig anrührt, erinnert sie das zwar an die Herstellung einer Dispersion für die Elektrodenbeschichtung, aber entspannen kann sie sich dabei trotzdem. Das Ergebnis ihrer nächtlichen Backaktionen bringt sie am nächsten Morgen zur Arbeit mit.

Aus Krisen lernen

Eine neu erschienene Studie des Fraunhofer IPA zeigt, warum viele kleine und mittelständische Unternehmen besonders unter der Corona-Krise gelitten haben. Eine Reihe von Maßnahmen kann helfen, künftig die Resilienz zu steigern. Gefördert wurde die Studie durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg.

»Die Corona-Krise hat insbesondere die vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen im Land hart getroffen, und dies in einer Phase des massiven digitalen Strukturwandels in der Wirtschaft. Gleichzeitig lehrt uns die aktuelle Krise, dass wir schon heute an die Risiken von morgen denken müssen«, erklärt Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut anlässlich der Veröffentlichung der Studie. An der »Erhebung zur Identifikation von Resilienzfaktoren bei KMU des produzierenden Gewerbes«, kurz »INFORM«, haben sich 60 verarbeitende Unternehmen beteiligt. Alle Teilnehmer dokumentierten auf Fragebögen, wie sie die Krise gemeistert haben. Das Ergebnis: Die Resilienz kleiner Unternehmen ist deutlich geringer als die großer Mittelständler mit mehr als 250 Mitarbeitern.

KMU mit Anpassungsschwierigkeiten

Als Resilienz bezeichnen Wissenschaftler die Fähigkeit eines Systems, auf eine Störung zu reagieren: Ein Unternehmen ist umso resilienter, je flexibler es sich an unerwartete Störungen anpassen kann, um seinen Geschäftsbetrieb aufrecht zu erhalten. Es reagiert schneller, lernt aus einer Krisensituation und ist für zukünftige Herausforderungen gestärkt.

Am Beispiel der Corona-Pandemie untersucht die Studie, wie gut sich Unternehmen an veränderte Situationen anpassen können und ermittelt daraus die Faktoren für eine resiliente Unternehmensausrichtung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Adaption für kleine und mittlere Unternehmen besonders schwierig war: Sie mussten häufig die Produktion stoppen, weil Mitarbeiter nicht zur Arbeit kommen konnten, Lieferanten in Verzug gerieten oder Kunden wegbrachen. In der Folge kam es zu Umsatzeinbußen, Entlassungen und sogar Insolvenzen. Große mittelständische Unternehmen haben hingegen geringere Umsatzeinbußen zu verzeichnen, konnten ihre Mitarbeiterzahl meist konstant halten und in Ausnahmen sogar neue Absatzmärkte gewinnen.

Ursachen niedrigerer Resilienz

Doch warum ist die Resilienz kleiner Unternehmen so viel geringer als die größerer Firmen? »Wir konnten hier eine ganze Reihe von Faktoren identifizieren«, antwortet Jonas Lips, der die Studie am Fraunhofer IPA geleitet hat. Kleine

Unternehmen sind oft nur von einzelnen Lieferanten abhängig und haben ein einfach gestaltetes Vertriebsnetz, das allein macht schon anfällig für Krisen. Große Mittelständler sind meist breiter aufgestellt und verfügen darüber hinaus häufig über Strategien zur Krisenbewältigung und einen Krisenstab. So konnten sie schneller und unbürokratischer reagieren, wenn neue Auflagen, wie AHA-Regeln oder Home-Office-Pflicht, befolgt werden mussten. Ein weiterer entscheidender Resilienz-Faktor ist die Digitalisierung und Automatisierung der Prozesse. In kleinen Unternehmen müssen Mitarbeiter häufig vor Ort sein, Dokumente in Papierform einsehen und auswerten. Quarantänen oder Home-Office-Pflicht führten da schnell zu Engpässen. Bei größeren Unternehmen hingegen sind die Prozesse – von der Verwaltung über die Logistik bis hin zur Produktion und Auslieferung – oft schon weitgehend digitalisiert. Viele Mitarbeiter konnten daher problemlos von zu Hause arbeiten.

Handlungsempfehlungen für mehr Resilienz

»Aus den Ergebnissen können wir jetzt Handlungsempfehlungen für Politik und Forschung ableiten«, resümiert Lips. »Das Ziel muss es sein, kleine und mittelständische produzierende Unternehmen dabei zu unterstützen, sich resilienter aufzustellen.« Hilfreich können hier gezielte Fördermaßnahmen sein, Fahrpläne für den Krisenfall, eine verstärkte Prozessdigitalisierung und -automatisierung aber auch die Anpassung von Beschaffungs- und Vertriebsstrategien. Die Experten am IPA wollen jetzt Best-Practice-Beispiele herausarbeiten und Roadmaps entwickeln, die Unternehmen helfen, sich für künftige Krisen zu wappnen. ■

Download der Studie:

www.ipa.fraunhofer.de/inform

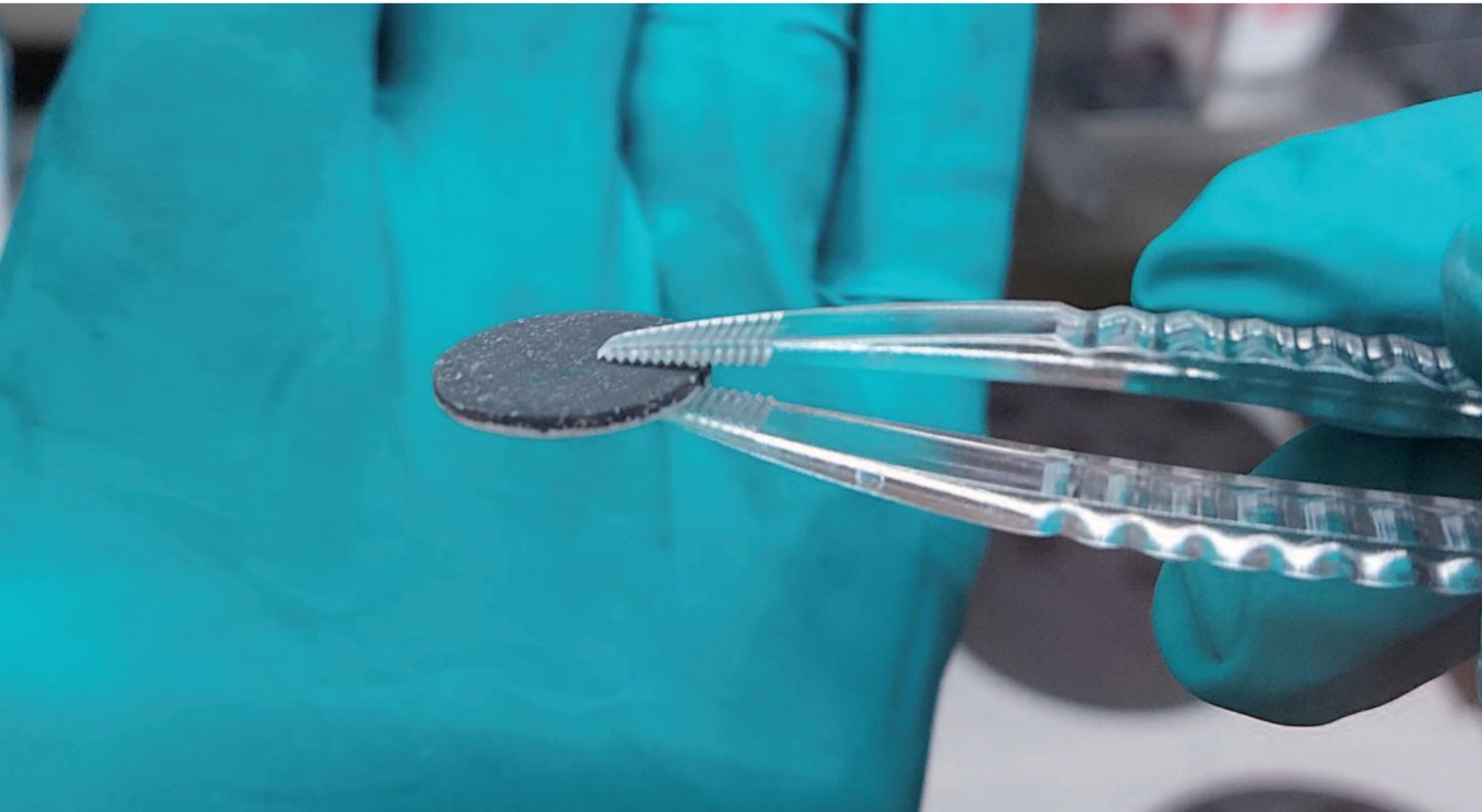
Kontakt

Jonas Lips
Telefon +49 711 970-3715
jonas.lips@ipa.fraunhofer.de



Produktionsprozess für Feststoffbatterien

Im Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion am Fraunhofer IPA wird gemeinsam mit den mittelständischen Unternehmen Dr. Fritsch Sondermaschinen GmbH und Dr. Fritsch GmbH & Co KG die Prozesstechnik für die Festkörperbatterien der Zukunft entwickelt. Das Land Baden-Württemberg fördert das Forschungsprojekt mit über einer Million Euro.



Mehrschichtige, keramische Festkörperkathode für erste Funktionstests.

»Feststoffbatterien haben das Potenzial, die bisherige Batterietechnik abzulösen«, davon ist Carsten Glanz überzeugt. Der Gruppenleiter für Applikationstechnik funktionaler Materialien am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA will zusammen mit einem Team von Wissenschaftlern und zwei mittelständischen Unternehmen aus Baden-Württemberg die Voraussetzungen schaffen für die automatisierte Fertigung hochwertiger Stromspeicher.

Verglichen mit den heute gängigen Lithium-Ionen-Batterien haben Festkörperbatterien mehrere Vorteile: Die Sicherheit ist

höher – weil kein flüssiger Elektrolyt benötigt wird, kann nichts auslaufen und sich entzünden. Hinzu kommen eine höhere Energiedichte und eine längere Lebensdauer.

Noch steckt die Technik in den Kinderschuhen. »Festkörperbatterien mit einer Elektrolytschicht aus Keramik beispielsweise wurden bisher nur im Labormaßstab gefertigt. Die Skalierbarkeit – also die Übertragung der Ergebnisse auf eine Produktion im großen Maßstab – ist noch völlig ungeklärt«, erklärt Glanz.

Prozesskette für die großtechnische Herstellung von Batterien mit einer Elektrolytschicht aus Keramik

Im Projekt »Erforschung neuer Misch- und Sintertechnologien für gradierte keramische Festkörperelektrolyte«, kurz EMSig, will der Ingenieur jetzt zusammen mit zwei Industriepartnern eine Prozesskette für die großtechnische Herstellung von Batterien mit keramischen Festkörperelektrolyten entwickeln und optimieren: »Wir haben am IPA durch das Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion viel Erfahrung mit der Automatisierung in der Batteriefertigung, und unsere Kooperationspartner verfügen über ein fundiertes Know-how, was die Herstellung und Funktionalisierung, das Handling und das Sintern von Pulvern betrifft.«

»Dr. Fritsch GmbH & Co KG wird im Rahmen des Projekts das keramische Ausgangspulver bereitstellen und modifizieren, das für die Herstellung keramischer Elektrolyte benötigt wird«, informiert Ute Wilkinson, Geschäftsführerin bei Dr. Fritsch. »Hier haben wir die Kompetenz, maßgeschneiderte Materialien zu erzeugen und zu analysieren.« Der zweite Partner ist die Dr. Fritsch Sondermaschinen GmbH, ein international führender Hersteller von Maschinen zum Mischen, Dosieren und Sinterpressen von Pulvern. Das Unternehmen hat eine lange Tradition beim innovativen Handling von Pulvern und in der Sintertechnik. So können neue Produktionsmethoden sofort in die benötigten Maschinen umgesetzt werden. Im Mittelpunkt des Produktionsprozesses wird dabei die Weiterentwicklung innovativer FAST-/SPS-Sinteranlagen stehen. Dr. Fritsch ist mit über 1000 installierten Sinteranlagen der weltweit führende Hersteller solcher FAST-/SPS-Maschinen.

Fließende Materialübergänge

Eine besondere Herausforderung bei der Fertigung von Feststoffbatterien sind die Materialübergänge: Scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Schichten der Batterie können zu einer schlechten Ionenleitung führen. Durch unterschiedliche thermische Ausdehnungen kann es sogar zum Bruch entlang der Grenzschichten kommen.

Die Lösung: fließende Grenzen. »Wir wissen aus Laborversuchen, dass sich die Spannungen durch graduelle Übergänge zwischen dem keramischen Festkörperelektrolyten und den Elektroden verhindern lassen«, berichtet Glanz. »Ungeklärt war bisher jedoch, wie sich diese spannungsverringenden Übergänge prozesstechnisch realisieren lassen.«

Ziel des EMSig-Projekts ist es, eine Demonstrator-Anlage zu bauen, in der Feststoffbatterien aus nur hauchdünnen, homogenen Pulverschichten Lage für Lage aufgebaut und gesintert werden, wobei sich die Zusammensetzung des Pulvers mit jeder Schicht verändert: Am Übergang zwischen Elektrode und Elektrolyt beispielsweise wird sukzessive mehr Keramikpulver beigemischt – 25, 50, 75 und schließlich 100 Prozent.

In zwei Jahren soll der gesamte Produktionsprozess soweit ausgereift sein, dass er von der Industrie für die Batterieherstellung im großen Maßstab genutzt werden kann. Unterstützt wird das EMSig-Projekt durch das Land Baden-Württemberg mit 1,164 Millionen Euro (Förderkennzeichen: BW1_0163/03). ■

Kontakt

Carsten Glanz
Telefon +49 711 970-3736
carsten.glanz@ipa.fraunhofer.de

Rundzellen für die Massenproduktion

Batterien mit möglichst viel Energie sind vor allem für Elektrofahrzeuge gefragt. Das Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion des Fraunhofer IPA arbeitet an Festkörperbatterien, die mit 700 Wattstunden pro Kilogramm eine fast doppelt so große Energiedichte haben sollen wie heutige Lithium-Ionen-Batterien. Digitale Zwillinge sollen helfen, bestehende Hürden für die Massenproduktion aus dem Weg zu räumen.

Beim Fraunhofer IPA konzentriert man sich auf Technologien, bei denen das Upscaling vom Labormuster zur industriellen Großproduktion machbar erscheint. Entscheidend dafür ist, dass sich neuartige Batterien mit gewissen Modifikationen auch auf bestehenden Anlagen produzieren lassen. Als Endprodukt sollen dabei Rundzellen im gängigen Format 21700 vom Band rollen, die einen Durchmesser von 21 Millimetern haben und 70 Millimeter lang sind.

Hersteller wie die Varta AG, ein Projektpartner des Fraunhofer IPA für die Batterieforschung, haben sich nicht ohne Grund mit ihren Anlagen auf diese zylindrischen Zellen festgelegt. Einzelne solcher Zellen lassen sich in einem Batteriemodul leichter überprüfen und bei einem möglichen Defekt austauschen. Über Hohlräume zwischen den Zellen kann Wärme abgeführt werden. Oft werden die Zellen noch als Energieträger in anderen Anwendungen weiter genutzt, nachdem die Autobatterie ausgemustert wurde. Standardisierte Rundzellen machen das leichter.

Sprödes Material stellt Herausforderungen

Festkörperbatteriezellen enthalten im Gegensatz zu einer Lithium-Ionen-Batterie keine Flüssigkeit als Elektrolyt, sondern einen keramischen oder sulfidischen, also schwefelhaltigen, Festkörperelektrolyt. Auch Polymerelektrolyte sind eine Option, allerdings erfordern sie höhere Betriebstemperaturen von über 60 Grad Celsius. Die Zellen sind heute meist als flache, rechteckige Pouchzellen aufgebaut. Aktuelle Entwicklungen im Bereich der keramischen Festkörperelektrolyte am Fraunhofer IPA zielen darauf ab, den Sinterprozess für das Keramikmaterial zu beschleunigen und schon in diesem Schritt die gewünschte Geometrie für den späteren Einsatz in der Batterie herzustellen. Die Sprödigkeit des Materials macht dabei allerdings die Nachbearbeitung und das Wickeln zu einer Rundzelle schwierig.

Für den Einsatz in Rundzellen bieten die sulfidischen Festkörperelektrolyte einen entscheidenden Vorteil. Bei der richtigen Verarbeitung können flexible Schichten hergestellt werden, die auch bei geringen Wickelradien stabil sind. Hinzu kommt, dass die sogenannte Thio-LISICON-Sulfid-Familie, anorganische Elektrolyte, vielversprechende Ergebnisse für die ionische Leitfähigkeit bei niedrigen Temperaturen zeigt. Doch obwohl sulfidische Elektrolyte ausgezeichnete Ionenleitfähigkeiten aufweisen und somit mit organischen Flüssigelektrolyten konkurrieren könnten, sind sie im Moment viel teurer. Durch den Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten kann eine kostengünstige Herstellung der sulfidbasierten Elektrolyte realisiert werden.

Bis zur industriellen Fertigung von Festkörperbatterien ist es noch ein weiter Weg. So werden Festkörperbatterien heutzutage überwiegend mit Lithium als Anode aufgebaut, was besondere Herausforderungen an die Montageumgebung mit sich bringt. Damit das Material nicht mit dem Sauerstoff oder der Feuchtigkeit aus der Luft reagiert, sind neben einer kostspieligen Trockenraumbedingung teils sogar zusätzliche gekapselte Produktionsbereiche mit einem Schutzgas wie Argon notwendig. Forscherinnen und Forscher vom Fraunhofer IPA untersuchen deshalb, wie Festkörperbatterien unter moderaten Bedingungen gefertigt werden können. »Ein vielversprechender Ansatz ist dabei die In-situ-Abscheidung des Lithiummetalls. Dabei bilden die in der Kathode vorhandenen Lithiumionen beim ersten Ladevorgang eine Schicht auf dem Ableiter der negativen Elektrode«, sagt Kathrin Schad vom Zentrum für Digitalisierte Batteriezellenproduktion (ZDB). Versuchsreihen sollen zeigen, mit welchem Ableitermaterial die In-situ-Anodenbildung am besten gelingt.

Digitaler Zwilling unterstützt bei Batteriezellenentwicklung und Produktionsoptimierung

Um herauszufinden, welche der vielen Parameter für die Fertigung am geeignetsten sind, ist es bisher erforderlich, umfangreiche Versuchsreihen durchzuführen – und zwar nicht nur im Labor, sondern auch unter skalierbaren industriellen Produktionsbedingungen. Der Materialverbrauch wäre dabei erheblich und jede Modifikation würde sich auf weitere Schritte in der Prozesskette auswirken.

»Eine elegantere Lösung ist der Digitale Zwilling. Er assistiert der Mitarbeiterin oder dem Mitarbeiter in der Produktion mit Hilfe seiner Überwachungs-, Analyse- und Vorhersagefähigkeiten«, sagt Soumya Singh vom ZDB. Beim Digitalen Zwilling handelt es sich um ein virtuelles Abbild einzelner Prozessschritte oder ganzer Fertigungslinien, das kontinuierlich mit zusätzlichen Betriebsdaten angereichert wird. Der Digitale Zwilling unterstützt Ingenieure dabei, das zukünftige Verhalten der Fertigung bei verschiedenen Parametrierungen zu simulieren und deren Auswirkungen im Voraus zu bewerten.

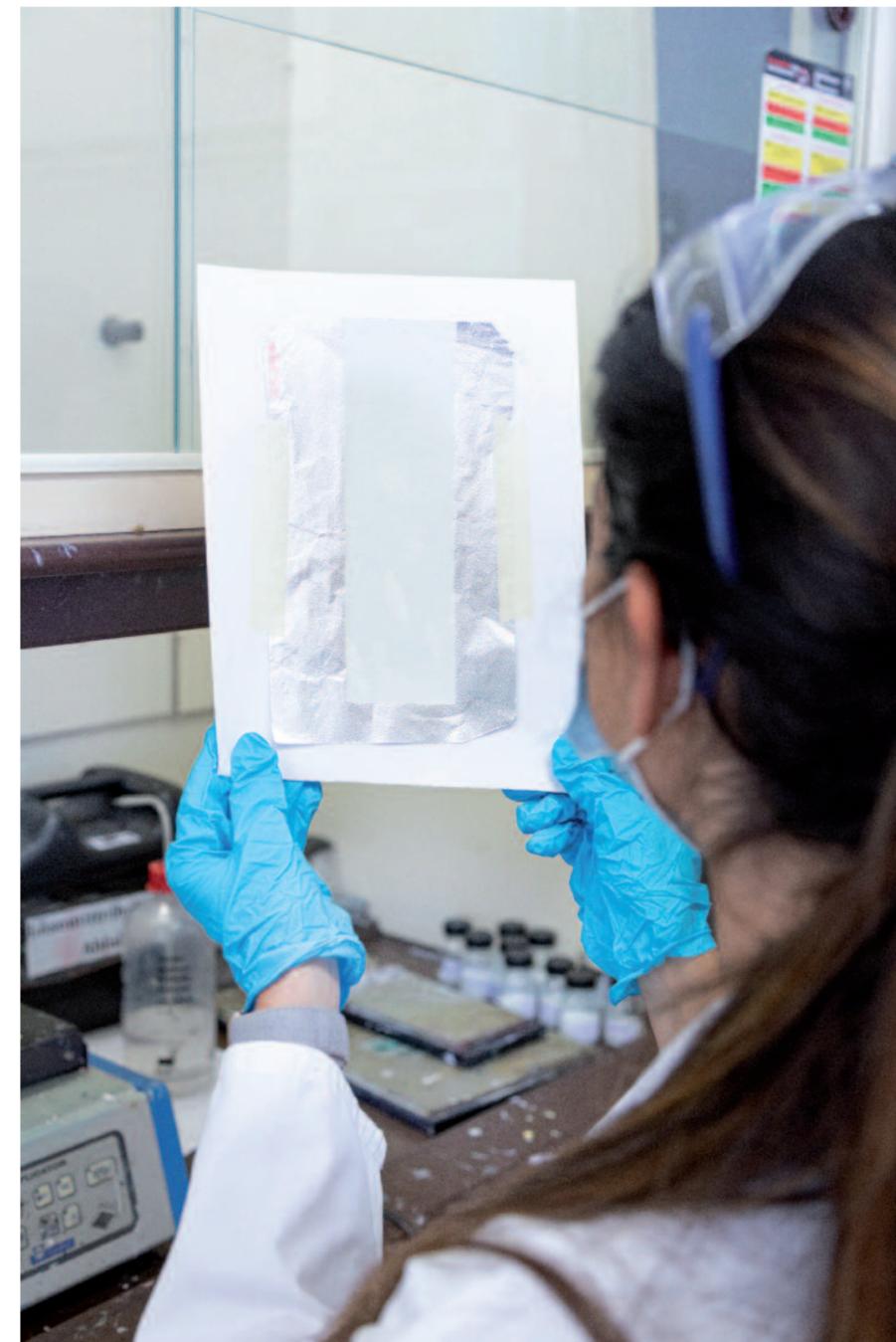
Gefüttert mit umfangreichen Datenquellen aus der Produktion, trifft der Digitale Zwilling Aussagen über die Effizienz einzelner Prozessschritte, aber auch über die Auswirkungen unterschiedlicher Verarbeitungsparameter auf die zu erreichende Qualität der Zwischenprodukte, Prozesszeiten und deren Stabilität. So lässt sich mit dem Digitalen Zwilling beispielsweise auf dem Computer des Bedieners bestimmen, wie die Bearbeitungsschritte für eine Elektrode aussehen müssten, damit sie am Ende elastisch genug ist, um sich wickeln zu lassen.

Nach der Implementierung ist der Digitale Zwilling mit dem Produktionsschritt synchronisiert und wird kontinuierlich mit aktuellen Daten aus der Fertigung gespeist. Er überwacht nun, wie stabil die Produktion läuft und wird zum integralen Bestandteil des Qualitätsmanagements. ■

Kontakt

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

Max Weeber
Telefon +49 711 970-1017
max.weeber@ipa.fraunhofer.de



Festkörperelektrolyt nach der Beschichtung über den Stromableiter.

Vorschau Interaktiv Ausgabe 1|2022

Um den Klimawandel erfolgreich zu bekämpfen, muss unsere Energieversorgung schnellstmöglich durch erneuerbare Energien erfolgen. Die regenerative Stromerzeugung mit Wind, Sonne, Wasserkraft, Biomasse oder Erdwärme wird deshalb stark ausgebaut. Neben dem elektrischen Strom wird Wasserstoff eine tragende Rolle in der Energieversorgung der Zukunft spielen. Über diesen Schlüsselkraftstoff unserer Industrie lesen Sie in der nächsten Interaktiv-Ausgabe.

Impressum

interaktiv Ausgabe 3|2021 | Das Kundenmagazin des Fraunhofer IPA

Herausgeber:

Fraunhofer-Gesellschaft | Hansastraße 27c | 80686 München

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | Deutschland

Marketing und Kommunikation | Leitung: Fred Nemitz | fred.nemitz@ipa.fraunhofer.de

Fred Nemitz, Dr. Karin Röhrich, Christine Sikora (Bild und Produktion), Dr. Birgit Spaeth, Jörg-Dieter Walz (Chefredaktion), Hannes Weik, Monika Weiner

Telefon +49 711 970-1667 | presse@ipa.fraunhofer.de

Fotos: Rainer Bez, Fraunhofer IPA; alle weiteren Abbildungen stammen aus folgenden Quellen:

Seite 8: Foto: Tobias Herbst; Seite 22: Quelle: Hindenlang GmbH; Seite 25: Bildquelle: KD Busch;

Seite 42: Foto: Inga Landwehr

Titelbild: »Industrielle Energiesysteme«, Quelle: Foto: Rainer Bez, Fraunhofer IPA

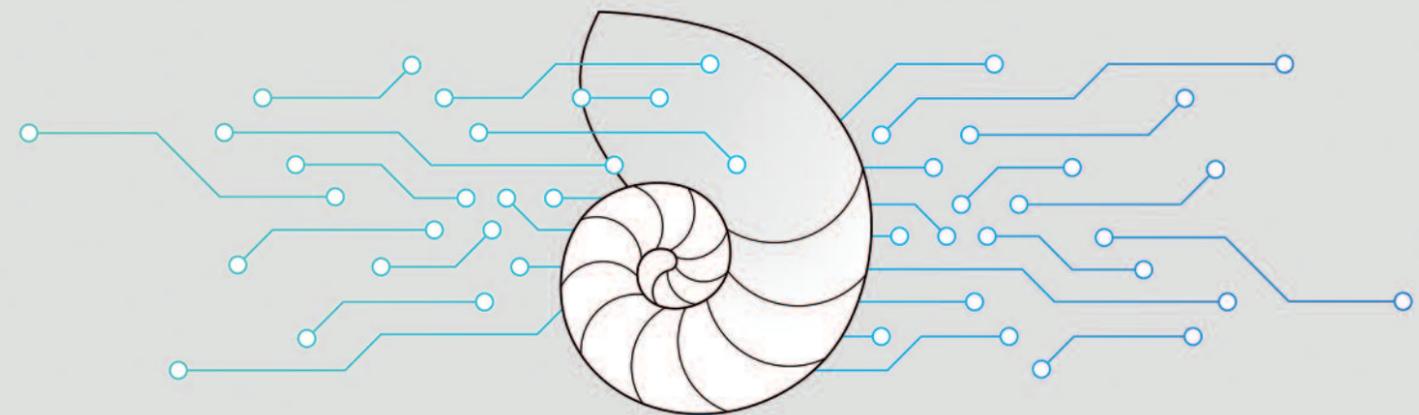
Druck: GO Druck Media GmbH & Co. KG, Kirchheim unter Teck

Bestellservice:

Telefon +49 711 970-1932 | marketing@ipa.fraunhofer.de | www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/bestellservice.html

Blog Biointelligenz

Die nächste Transformation aktiv mitgestalten.



www.biointelligenz.de



SEW-EURODRIVE
76646 Bruchsal/Ober
DRN100LS4/F
01.7810093702
In 50 /r/min145
kW 2.2 01
Cos φ 0.76
Tol. Kl. 15507
IM B5
No 27 510

