

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Frühjahr 2021



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Impressum

Herausgeberin
Die Präsidentin
der TU Darmstadt

Redaktion Stabsstelle
Kommunikation und Medien
der TU Darmstadt:
Jörg Feuck (Leitung, Vi.S.d.P.)
Ulrike Albrecht (Grafik Design)
Patrick Bal (Bildredaktion)

Titelbild Forschung in der
ETA-Fabrik der TU Darmstadt;
Bild: Jan Hosan

Druck Druckerei Petzold GmbH,
Darmstadt
gedruckt auf 100 g/m²
PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 5.000
Nächste Ausgabe
15. Juni 2021

Leserservice
presse@tu-darmstadt.de

ISSN 2196-1506



Möchten Sie die nächste Ausgabe der hoch³FORSCHEN gerne in digitaler Form erhalten? Dann senden Sie bitte eine E-Mail an presse@tu-darmstadt.de

— 1 **Produktionstechnik**: Energieeffizienz von Anfang an — 2 **Informatik**:
Smarte Programme für die vernetzte Welt — 3 **Maschinenbau**: Digitale Lösungen und
Künstliche Intelligenz stärken die Nachhaltigkeit

So geht energieeffiziente Produktion

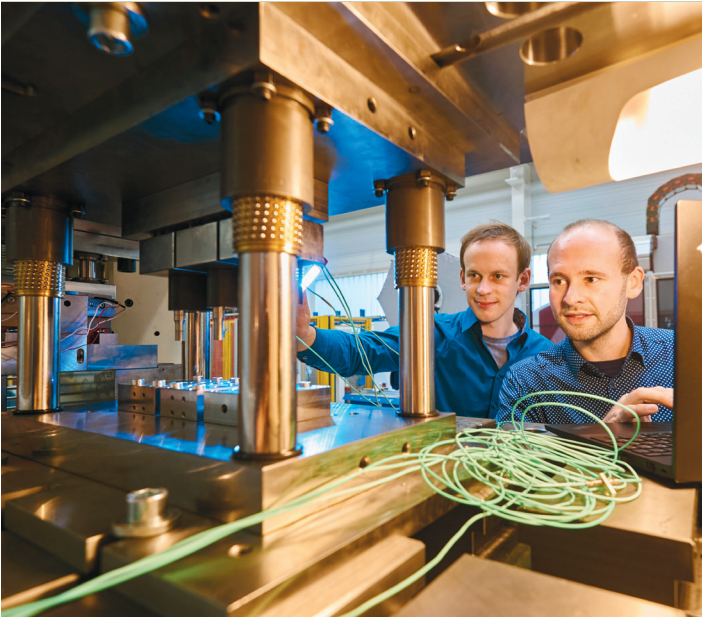


Abbildung: Stefan Wildhirt

Lukas Klyu (li.) und Andreas Wächter stellen die Weichen für Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit neuer Technologien.

Eigentlich beschäftigen sich Andreas Wächter und Lukas Klyu mit Titanlegierungen für Zahnimplantate. Quasi nebenbei entwickelten sie ein Modell zur Steigerung der Energieeffizienz von Produktionsprozessen.

— Von Uta Neubauer

Künstliche Zähne werden mit Schrauben aus Titan im Kiefer befestigt. „Das Implantat wächst aber oft nicht gut im Knochengewebe an“, erklärt Lukas Klyu, Doktorand am Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen der TU Darmstadt. Bei etwa acht Prozent der Patienten hält die Verankerung keine zehn Jahre. Im Projekt IdentiTi wollen Klyu und seine Kollegen das Problem mit einer nanostrukturierten Titanlegierung lösen. Sie besitzt eine feinkörnige Oberfläche, auf der die körpereigenen Knochenzellen besser haften.

Den neuen Schraubenwerkstoff stellen die TU-Ingenieure mit einem speziellen Verfahren aus einer grobkörnigen Titanlegierung her. Das Ausgangsmaterial wird dafür in einer Maschine bei 300 Grad Celsius so

verzerrt, dass die innere Struktur aufbricht und sich ein neues Feingefüge bildet. „Der Prozess benötigt allerdings viel Energie“, sagt Klyu. Das sehe man schon an den dicken Stromkabeln der Maschine.

Allein in Deutschland werden jährlich über eine Million Dentalimplantate eingesetzt. Wollte man sie alle aus dem nanostrukturierten Material herstellen, wäre der zusätzliche Energiebedarf erheblich. Zusammen mit Andreas Wächter, damals noch Maschinenbau-Student auf der Suche nach einem Thema für die Masterarbeit, wollte Klyu die Herstellung der Nano-Legierung daher energieeffizienter gestalten.

Üblicherweise wird ein Prozess energetisch optimiert, wenn die einzelnen Schritte feststehen. Dann wird hier und da zum Beispiel Abwärme genutzt, ein Bauteil isoliert oder die Steuertechnik optimiert. Doch Wächter hatte eine bessere Idee: „Unser Prozess steckte noch in der Entwicklung. Da kann man doch von Beginn an auf die Energieeffizienz achten.“ In der Anfangsphase sei die Gestaltungsfreiheit noch groß, erklärt er, Maßnahmen zur Energieeinsparung ließen sich daher relativ einfach und kostengünstig umsetzen. In diesem Fall etwa benötigt das Aufheizen der Legierung besonders viel Energie. „Allein durch eine Verkürzung der Form, in der das Material erhitzt wird, konnten wir die Aufheizzeit halbieren“, erklärt Wächter. Insgesamt reduzierte sich der Stromverbrauch dadurch um zwölf Prozent.

Klyu und Wächter entwickelten ein Computermodell, das die Wertschöpfungskette digital abbildet. Mit dem Modell wird die Energieeffizienz des gesamten Prozesses simuliert. Das Beste daran: Es lässt sich auf andere Produktionsverfahren übertragen. Ein Institutskollege optimiert mit dem Modell gerade einen Prozess des Rollformens. Mit der Technik werden Metallbänder zurechtgebogen, etwa im Fahrzeugbau oder bei der Herstellung von Fensterrahmen.

Für ihre Methodik gewannen Wächter und Klyu im vergangenen Jahr den zweiten Preis des Hessischen Staatspreises für innovative Energielösungen. Da sie sich eine schnelle Verbreitung ihrer Idee wünschen, denken sie gerade über eine Open-Access-Veröffentlichung des Modells nach. Klyu betont: „Der gesellschaftliche Nutzen ist uns wichtiger, als dass wir damit Geld verdienen.“ Das Modell sei einsatzbereit, ergänzt er: „Wer Interesse daran hat, kann sich gerne melden.“

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Informationen

Institut für Produktionstechnik
und Umformmaschinen

Lukas Klyu, M.Sc.

E-Mail: lukas.klyu@ptu.tu-darmstadt.de

www.ptu.tu-darmstadt.de

IdentiTi: Verbesserte Dentalimplantate

Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt IdentiTi wurde von AdvantiQx aus dem bayerischen Gersthofen initiiert. Das Unternehmen entwickelt und fertigt Zahnimplantate.

Projektpartner sind die TU Darmstadt, die TU Braunschweig und die Schweizer Feinwerktechnik, ein Auftragshersteller von medizinischen Komponenten.

Programmieransätze für die smarte vernetzte Welt

Die Welt verwandelt sich in einen globalen „Superrechner“, bestehend aus Sensoren, Geräten, Clouds, verbunden über das Internet. Ein Team um Informatik-Professorin Mira Mezini entwickelt neue Programmieransätze, welche komplexe technische Belange dieses „Welt-Superrechners“ automatisiert abhandeln, so dass sich Softwareentwicklungsteams auf die Modellierung der Anwendungsdomäne konzentrieren können.

— Von Boris Hänßler

Unser Gehirn leistet Erstaunliches. Das zeigt sich etwa bei der alltäglichen Autofahrt durch die Stadt. Eigentlich müssten wir von den Signalen, die aus allen Richtungen auf unsere Sinnesorgane einströmen, überwältigt sein: von Motorgeräuschen, Sirenen, Baumaschinen, Ampeln, Werbeanzeigen. Trotzdem sitzen wir unbeeindruckt hinter dem Steuer. Wir sind sogar dazu in der Lage, ein Hörbuch zu hören, über den Tag nachzudenken und gleichzeitig zu kuppeln und zu schalten. Das liegt daran, dass unser Gehirn die meisten Signale automatisiert verarbeitet, sodass wir davon wenig mitbekommen. Nur bei Gefahr schlägt es Alarm, und wir sind hochkonzentriert.

Diese Fähigkeiten könnten Softwareentwicklungsteams in ihren Lösungen gut gebrauchen. Die Konvergenz von Edge-, In-Network- und Cloud-Computing zu einer Art „Welt-Superrechner“, die Verfügbarkeit von Daten und Information sowie Fortschritte in der künstlichen Intelligenz bergen zwar großes Potential für Innovationen, um dringliche gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen. Allerdings wächst die Komplexität des „Welt-Superrechners“ kontinuierlich an, während die Programmieransätze, mit denen man in der Softwareentwicklungsbranche vertraut ist, noch aus den 1990er Jahren stammen. Die dort arbeitenden Expertinnen und Experten sind mehr damit beschäftigt, die technischen Herausforderungen in der Anwendung zu lösen, als die damit gekoppelten eigentlichen gesellschaftlichen Probleme. Zudem sind ihre Lösungen der technischen Herausforderungen oft unzuverlässig oder suboptimal. Ein Forschungsteam um Professorin Mezini von der Software Technology Group der Technischen Universität Darmstadt entwickelt deshalb einen Programmieransatz, der selbstständig

einige technische Herausforderungen des „Welt-Superrechners“ löst, und somit den Algorithmen regelrecht Sinne verleiht. Die derzeitige Implementierung des Ansatzes heißt REScala (www.rescala-lang.com).

Die Forschenden beheben mit REScala einige Mängel der bisherigen Programmieransätze. Diese sind prinzipiell auf einen synchronen Programmablauf ausgerichtet. Vereinfacht ausgedrückt, führen die Algorithmen Zeile für Zeile ihre Aufgaben aus. Aber in heutigen Systemen, etwa in einem Smart Home oder einer vernetzten Produktion, wird der Ablauf immer weniger vom Programm selbst bestimmt als vielmehr von der Interaktion mit Daten- und Ereignisströmen. Diese sind nicht die Ausnahme, sondern die Norm. Bisherige Programme wollen kontrollieren, wann welche Daten eintreffen und was mit ihnen geschieht. Dies funktioniert nur, wenn die eintreffenden Informationen überschaubar sind. „Eine Software muss in den zunehmend komplexen vernetzten Systemen hingegen kontinuierlich und schnell reagieren“, sagt Mezini. Die meisten Ereignisse seien asynchron – sie passieren zu einem x-beliebigen Zeitpunkt, weshalb Programme nicht mehr länger kontrollieren können, wann genau etwas passiert.

„Wenn Daten aus vielen Quellen asynchron eintreffen, ist es eine große Herausforderung, einen konsistenten Gesamtzustand zu bewahren.“

Ein simples Beispiel: Ein Programm soll in einem Lebensmittellager von drei im Raum verteilten Sensoren fortlaufend die Temperatur dokumentieren und daraus die durchschnittliche Raumtemperatur errechnen. Die Sensoren übermitteln ihre Daten bei jeder Temperatur-Änderung automatisch an die Software. Für solche von außen kommenden Ereignisse nutzen Entwickler und Entwicklerinnen bislang sogenannte Callback-Funktionen. Im Gegensatz zu normalen Funktionen, die immer zur gleichen Zeit während der Ausführung

Informationen

Fachgebiet Softwaretechnik
Prof. Dr.-Ing. Mira Mezini
E-Mail:
mezini@cs.tu-darmstadt.de
www.stg.tu-darmstadt.de

des Programms aufgerufen werden, wird ein Callback erst ausgeführt, wenn ein Ereignis eintritt – dies kann ein Mausklick auf einer Internetseite sein oder eben das eingehende Signal von einem Sensor. Beim Beispiel Lebensmittellager hätte dies zur Folge, dass mit jedem Eintreffen eines Temperaturwertes die Durchschnittstemperatur neu berechnet werden muss, damit sie aktuell ist.

„Eine Callback-Lösung ist bei einer einfachen Anwendung völlig ausreichend, aber wenn Daten aus hundertausenden Quellen eintreffen, kann es vorkommen, dass der Gesamtzustand des Systems inkonsistent ist, weil zum Beispiel Synchronisierungsprobleme auftreten“, sagt Mezini. Hätte man etwa 5.000 Sensoren, könnte ein neuer Wert eintreffen, während der Rechner noch damit beschäftigt ist, den Gesamtwert auszurechnen – dieser wäre somit bereits veraltet. In der Medizin oder im Finanzwesen können solche kurzzeitig falschen Werte schwerwiegende Folgen haben. Um dies zu vermeiden, müssen Programmier-Dienstleister komplexe, unübersichtliche Programmstrukturen aufbauen. Es entsteht eine technische Komplexität, die nicht mehr durch das eigentliche Problem verursacht wird (engl. „accidental complexity“). Das Beherrschen der Komplexität geht auf Kosten des Beherrschens der inhärenten Komplexität des Problems – und somit auf Kosten von Rechenleistung sowie Zuverlässigkeit und letzten Endes der Innovation.

REScala funktioniert im Kern ein bisschen wie Excel. Ändert man in einer Excel-Tabelle einen Wert, ändern sich automatisch alle davon abhängigen Werte. Nutzerinnen und Nutzer können sich somit darauf konzentrieren, die Zusammenhänge der Daten abzubilden. Wie Berechnungen im Hintergrund ausgeführt werden, um effizient korrekte Ergebnisse zu produzieren, kann Nutzenden egal sein. Sie verlassen sich darauf, dass die Automatisierung zuverlässig für sie arbeitet. REScala überträgt diesen Gedanken in Form von Bibliotheken auf die Programmiersprache Scala und entwickelt ihn wesentlich weiter, um die Automatisierung in einer Welt der global verteilten Daten zu gewährleisten, in der Berechnungen massiv neben- und gegenläufig sind und in der die Kommunikationsinfrastruktur unzuverlässig ist. Eine strikte Konsistenz ist in einem solchen Umfeld ein unlösbares Problem. REScala sichert aber in jeder Situation so viel Konsistenz wie nötig und möglich – ist gerade keine Verbindung verfügbar, werden alle Änderungen lokal aufgezeichnet und bei der nächsten Gelegenheit wird die Konsistenz wiederhergestellt.



Informatik-Professorin Mira Mezini

Abbildung: Fritthof Kjer

REScala bietet ein von Professorin Mezini als „Active Computations“ bezeichnetes Paradigma: Entwickler beschreiben im Code lediglich, wie die asynchron eintreffenden Daten und Ereignisse kombiniert und weiterverarbeitet werden. Um den Zeitpunkt und die Reihenfolge der Ausführung einzelner Berechnungskomponenten kümmern sich Anwendungsentwickler nicht. REScala sorgt dafür, dass sie automatisch immer dann ausgeführt werden, wenn sie ihren Zustand an die Ankunft neuer Daten und Ergebnisse anpassen müssen. Das vereinfacht die Software erheblich.

REScala kommt zur rechten Zeit. Weltweit bauen derzeit Staaten das Mobilfunknetz der fünften Generation auf, an der sechsten wird geforscht – mit potentiellen Übertragungsraten von bis zu einem Terabit pro Sekunde. Hinzu kommt, dass neuartige Accelerator Chipsätze in den kommenden Jahren Edge Computing und somit das Internet of Things immens vorantreiben. Somit können immer mehr Anwendungen des maschinellen Lernens lokal Daten verarbeiten. Eine dezentralisierte Intelligenz ist aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten sowie bezüglich einer Datenhoheit immens wichtig. Sie verändert die Gesellschaft vermutlich ähnlich radikal, wie es das Smartphone tat. REScala kann helfen, ihren Weg erst zu ebnet.

Ausgezeichnet vom Europäischen Forschungsrat

Professorin Mira Mezini wurde 2012 mit einem ERC Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats ausgezeichnet – für ihr Projekt PACE (Programming Abstractions for Applications in Cloud Environments). Ihre Forschung wird seit 2019 vom ERC mit einem Proof of Concept Grant in Höhe von 150.000 Euro weiter gefördert. Im Projekt REScala (A Programming Platform for Reactive Data-intensive Applications) untersuchen sie und ihr Team, wie das durch PACE generierte Wissen in neuartige Programmiersprachen und -plattformen für die Entwicklung von datenintensiven dezentralisierten Softwaresystemen überführt werden kann.

Nachhaltige Produktion weitergedacht

Wenn die Industrie die Herausforderungen der Energiewende stemmen will, muss sie Produktion neu denken – ein komplexer Transformationsprozess, den die TU Darmstadt mit neuen digitalen und KI-gestützten Lösungen unterstützt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die dahinterstehen, sind anwendungsorientiert, interdisziplinär und ganzheitlich unterwegs. Ihr gemeinsames Ziel: Sie wollen Emissionssenkungen, Ressourcenschonung und eine flexible Energienutzung technologisch vorantreiben. Und damit auch dazu beitragen, dass mehr Unternehmen eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Produktion auf ihre strategische Agenda heben. Mit der ETA-Fabrik steht den Forschenden und ihren Praxispartnern auf dem Campus Lichtwiese eine Modellfabrik zur Verfügung, in der sie ihre Innovationen validieren und startklar für die Praxis machen können.

Auf dem Weg zum intelligenten Produkt

Intelligente und vernetzte Maschinen mit einem möglichst kleinen CO₂-Fußabdruck schonen Umwelt und Ressourcen. Forschende der TU Darmstadt zeigen, wie das funktioniert.

— Von Jutta Witte

Wie kann eine vernetzte Produktion helfen, Transparenz bezüglich der eingesetzten Ressourcen zu schaffen? Welche Daten braucht man für ein solches Monitoring und wie kann man es für Unternehmen so nutzbar machen, dass sie es standortübergreifend einsetzen können? Das waren die Ausgangsfragen, mit denen Forschende der TU Darmstadt in das Projekt „Agiles ressourceneffizientes Produktionsnetzwerk“, kurz ArePron, gestartet sind. „Viele, vor allem mittelständische Maschinen- und Anlagenbauer, können nach wie vor nicht nachvollziehen, an welcher Stelle der Produktion sie welche Ressourcen einsetzen und was sie dabei an Energie verbrauchen“, erläutert Professor Matthias Weigold, Co-Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW). Mit dem agilen Produktionsnetzwerk, das inzwischen im Rahmen von ArePron entstanden ist, sind er und seine Forschungskolleginnen und -kollegen dem Ziel „mehr Transparenz“ nun deutlich nähergekommen.

„Am Ende kann die neu geschaffene Transparenz in der Produktionsumgebung Einfluss auf alle Ebenen einer Organisation nehmen.“

In diesem Netzwerk werden Produktionsmaschinen aus den beiden Lernfabriken ETA (Energieeffizienz-, Technologie- und Anwendungszentrum) und CiP (Center für industrielle Produktivität) der TU Darmstadt digital verknüpft und einzelne mit Sensoren versehene Bauteile hinsichtlich ihres Ressourcenverbrauchs getrackt. Die so erfassten Betriebsdaten werden an eine IoT-Plattform gesendet, dort ausgewertet und visualisiert, die Ergebnisse in CO₂-Äquivalenten wiedergegeben. Dies macht nachvollziehbar, wieviel Kohlenstoffdioxid an welcher Stelle ausgestoßen wird; und einzelne Komponenten können mit Blick auf ihren CO₂-Fußabdruck verglichen werden. Die Projektergebnisse stehen nun unter anderem in Form eines Praxisleitfadens für die industrielle Anwendung zur Verfügung. „Wir haben hier einen ersten wichtigen Schritt in Richtung einer digitalen nachhaltigen Produktion erreicht, welche die Chance bietet, Ressourceneffizienz als neue Zielgröße zu etablieren“, betont Professor Joachim Metternich, der mit Matthias Weigold das PTW leitet.

Der Entwicklung „umweltgerechter Produkte“ mittels eines ganzheitlichen Berechnungsansatzes, von der Gewinnung des Rohmaterials bis zur Entsorgung, hat sich der Maschinenbau der TU Darmstadt schon seit langem verschrieben und dazu bereits erfolgreiche Lösungen auf den Weg gebracht. Jenseits klassischer numerischer Methoden bieten digitale Technologien nun neue Möglichkeiten für eine immer individuellere und präzisere Ökobilanz von Produkten. Welche Potenziale es gibt, demonstriert das derzeit anlaufende Forschungsvorhaben DiNaPro. Es entwickelt die Technologie

Die Südfassade der ETA-Fabrik
der TU Darmstadt.



Abbildung: Eibe Söneckken

des Digitalen Zwillinges weiter, der in Zukunft beim Betrieb von IoT-Plattformen universell den Lebenszyklus von Produkten abbilden soll. „Jedes Bauteil soll ein digitales Abbild bekommen, das nicht nur automatisiert und in Echtzeit den Ist-Zustand einer Komponente im laufenden Betrieb zeigt“, erläutert Professor Reiner Anderl, Leiter des Fachgebiets Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK). „Der digitale Zwilling soll vielmehr Aufschluss über alle Daten geben, die in das Produkt einfließen.“ So sollen Assistenzsysteme entstehen, mit deren Hilfe Industriebetriebe nicht nur ihre Produktplanung und -fertigung optimieren, sondern auch ein CO₂-Monitoring über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes in die Prozesssteuerung integrieren können.

Emissionen, Stromverbrauch, Verschleiß: Das intelligente Produkt der Zukunft soll viele wichtige Informationen in sich tragen. Es versetzt Unternehmen nicht nur in die Lage, im Sinne einer „vorausschauenden Wartung“ Fehler zu prognostizieren, bevor sie auftreten, und so Ausschuss, Werkzeugbrüche und Fehlzeiten zu reduzieren. Es soll auch ein Produkt sein, das aufgrund seiner individuellen Eigenschaften laufend optimiert werden kann. Dabei denken die Expertinnen und Experten der TU Darmstadt bereits über technische Fragen hinaus. Denn smarte Produkte können viele Mehrwerte bieten, etwa wenn Unternehmen sie nutzen, um darauf neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle aufzubauen. Deswegen wollen Anderl, Metternich und Weigold künftig Technologien und Wissen für eine nachhaltige industrielle Produktion auf einer Plattform zusammenführen – hierzulande ein Novum. Die geplante Plattform „datenbasierte Produktion“ (DataPro) soll nicht nur die Gestaltung zukünftiger Produktionsketten und ihre Anknüpfung an eine IoT-Plattform

Infokasten

Am Forschungsvorhaben „Agiles ressourceneffizientes Produktionsnetzwerk“ (ArePron, Laufzeit: 2018 bis Ende 2020) war neben dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) und den Fachgebieten Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) und Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR) ein großes Netzwerk an Partnerunternehmen beteiligt. ArePron und sein Folgeprojekt „Ressource Optimization along the ProductLifecycle“ (ReOptify, Laufzeit: 01/2021 bis 12/2021) werden gefördert vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen und aus EU-Mitteln (EFRE). PTW und DiK zeichnen auch verantwortlich für die geplanten Projekte „Modellbasierte Digitalisierung nachhaltiger Produktionsnetzwerke entlang des Produktlebenszyklus“ (DiNaPro, Start: voraussichtlich 07/2021) und „Plattform datenbasierter Produktion“ (DataPro, Laufzeit: 04/2021 bis 03/2024).

Weitere Informationen: www.arepron.com

adressieren, sondern auch die Entwicklung datenbasierter Produktionsumgebungen, die neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle hervorbringen, sowie den Wissenstransfer von der angewandten Forschung in die Unternehmen.

Damit nehmen die drei Wissenschaftler auch in den Blick, welche Mehrwerte für einen Industriebetrieb entstehen können, der die Potenziale digitaler Technologien in der Fertigung nicht nur ausschöpft, um Kosten zu senken, Effizienz zu steigern und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, sondern auch um Nachhaltigkeit in der Unternehmensstrategie und -kultur zu verankern. „Am Ende kann die neu geschaffene Transparenz in der Produktionsumgebung Einfluss auf alle Ebenen einer Organisation nehmen“, glaubt Weigold. Mit einer nachweisbaren Öko-Bilanz Verantwortung für mehr Nachhaltigkeit zu zeigen dürfte künftig auch mit darüber entscheiden, wie ein Hersteller und seine Produkte am Markt beurteilt werden. Und CO₂-Emissionen, darin sind sich Anderl, Metternich und Weigold einig, haben dabei das Potenzial, eine neue Währung für die Wirtschaft zu werden.

Flexibilität ins Energiemanagement

Sie arbeiten mit am Energiemanagement von morgen. Forschende der TU Darmstadt setzen dabei neben der Energieeffizienz auch auf Synergien zwischen den Sektoren und Kopplung an den Energiemarkt.

Die Versorgungstechnik einer Industrieanlage besteht aus einer Vielzahl technischer Anlagen. Neben der eigentlichen Produktionskette müssen zusätzlich Erzeuger und Speichersysteme in einem komplexen System orchestriert werden. In der Regel sind hierfür einfache Monitoring-Systeme im Einsatz, die vor allem elektrische Verbräuche dokumentieren. „Das verschafft einen groben Überblick über den Gesamtenergieverbrauch des Betriebs – eine Zuordnung der Verbräuche zu einzelnen Anlagen, Maschinen oder Produkten ist mit solchen Systemen nicht möglich“, sagt Professor Matthias Weigold vom Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt. In Zeiten, in denen mit der zunehmenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen wie Wind und Sonne die Volatilität zunimmt, sind jedoch nicht nur effizientere Produktionsanlagen gefragt, sondern auch deutlich flexiblere Energiemanagementsysteme.

„Potenziale für mehr Effizienz und Flexibilität gibt es in der industriellen Fertigung viele. Wir müssen sie nur heben“, betont Professor Stephan Rinderknecht, Leiter des Instituts für Mechatronische Systeme (IMS). Wie dies funktionieren kann, zeigt ein Blick in die ETA-Fabrik. Im Rahmen des Projektes „PHI-Factory“ ist hier ein Regelwerk entstanden und im Realmaßstab erprobt worden, mit dem Industriebetriebe durch ein flexibles Energiemanagement Kosten und Ressourcen sparen und zudem das Stromnetz stützen können.

Informationen

Fachbereich Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl

E-Mail: anderl@dik.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

E-Mail: j.metternich@ptw.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Stephan Rinderknecht

E-Mail: rinderknecht@ims.tu-darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

E-Mail: m.weigold@ptw.tu-darmstadt.de

www.maschinenbau.tu-darmstadt.de

Das PHI-Factory-Team hat in Kooperation mit Unternehmen wie Bosch Rexroth und der Software AG aus der ETA-Fabrik eine vollständig digitalisierte und energieflexible Modellfabrik gemacht, in der sämtliche Energie- und Prozessdaten überwacht werden. „Dies ermöglicht neben mehr Transparenz auch eine Vorhersage der Energieverbräuche – analog zur Wettervorhersage“, berichtet Weigold. Prognosen, wann die nächste Lastspitze eintritt, sind bezogen auf die gesamte Anlage, mit einem Vorlauf von 15 Minuten bis zu einer Stunde möglich. Gekoppelt an Wetter- und Marktdaten kann die Produktion energetisch optimiert geplant und die Versorgungstechnik flexibel und schnell an die sich verändernden Rahmenbedingungen angepasst werden. Hierzu finden entsprechende Optimierungsverfahren Anwendung.

„Potenziale für mehr Energie-Effizienz und Flexibilität gibt es in der industriellen Fertigung viele. Wir müssen sie nur heben.“

Ein wichtiger Baustein des neuen Energiemanagementsystems ist ein neues hybrides und hocheffizientes Speichersystem, das einen Schwungmassenspeicher mit einer Lithium-Ionen-Batterie verbindet und sich dabei die Vorteile beider Technologien zunutze macht. „Wenn ich größere Energiemengen für eine längere Zeit speichern will, nutze ich die Batterie, wenn viele Maschinen gleichzeitig die Lastspitze erreichen, den anderen Speicher, weil er schnell Energie freisetzen kann“, erklärt Georg Franke, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMS. Das heißt, die Fabrik bedient sich nur dann aus dem Netz, wenn sie Strom braucht, und kann, zum Beispiel

bei geringen Einspeisungen, aus erneuerbaren Energiequellen für einen Tag autark betrieben werden.

Als weiterer Verbraucher sind neben der Produktionsanlage auch die elektrisch betriebenen Werksfahrzeuge in das System integriert. Werden sie zum Aufladen geparkt, können Lastspitzen verschoben werden, das heißt der Ladevorgang startet erst, wenn der Strom billig ist, beziehungsweise an anderer Stelle nicht mehr benötigt wird. Im nächsten Schritt sollen die Batterien der E-Fahrzeuge bidirektional betrieben werden, also an der Ladesäule Energie auch ins System abgeben können. „Das ist ein gutes Beispiel dafür, wie wir künftig Synergien zwischen der Industrie und dem Mobilitätssektor nutzen können“, sagt Rinderknecht. „Ohne solche innovativen Lösungen für die Sektor-Kopplung ist weder die Energie- noch die Verkehrswende langfristig machbar.“

Darüber hinaus trägt die flexible Fabrik der Zukunft zu einem stabilen Lastmanagement bei. „Das System weiß immer, wie es dem Netz gerade geht“, sagt Franke. Dies befördert nicht nur Effizienz und Nachhaltigkeit, sondern bietet auch wirtschaftliche Vorteile, zum Beispiel wenn ein Produktionsbetrieb im Falle eines Überangebots aus erneuerbaren

Energien über die Abnahme des Überschusses Einnahmen generiert. „Es ist also wichtig, dass wir in unsere wissenschaftlichen Betrachtungen nicht nur die Technik einbeziehen, sondern immer auch ökonomische Fragen“, betont Rinderknecht.

Ohne Methoden der Künstlichen Intelligenz wie dem maschinellen Lernen, das in Ansätzen schon im Rahmen von „PHI-Factory“ zur Anwendung kam, ist ein ganzheitliches, betriebs- und sektorenübergreifendes und an den Markt angepasstes Energiemanagement nicht zu verwirklichen. Im Rahmen des gerade startenden Projektes „KI4ETA“ sollen nun Lösungen gefunden werden, um die Echtzeitdatenströme automatisiert zu managen und darauf aufbauend die Produktion und Versorgung in einem ganzheitlichen System und KI-optimiert zu betreiben – von der Erfassung der Daten bis hin zur Steuerung jeder einzelnen Maschine.

„Wir wollen Energiemanagern und -beratern und denen, die für die Produktion und Infrastruktur verantwortlich sind, Werkzeuge an die Hand geben, um komplexe Fabriksysteme zu analysieren und CO₂-arm zu gestalten“, kündigt Weigold an. Eine Energiemanagementplattform, die einfach zu installieren und zu bedienen ist und in Richtung Cloud und Edge Computing weiterentwickelt werden kann, die energetische Kopplung ganzer Sektoren, ein automatisiertes transparentes Monitoring und KI-Lösungen für die energetische Optimierung: Für Sprunghinnovationen birgt das neue Forschungsvorhaben viele Potenziale.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Daten und Fakten:

Das Verbundprojekt „PHI-Factory“ (Laufzeit: 12/2016 bis 03/2020), an dem sich neben dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) und dem Institut für Mechatronische Systeme (IMS) sowie dem Fachgebiets Elektrische Energieversorgung unter Einsatz erneuerbarer Energien (E5) der TU Darmstadt auch Konsortialpartner der ETA-Fabrik beteiligt haben, wurde vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert. Das Konsortium „KI4ETA“ soll unter Federführung des PTW und in Zusammenarbeit mit dem IMS und weiteren Industrie- und Forschungspartnern voraussichtlich im April 2021 an den Start gehen. Forschende des PTW und der ETA-Fabrik bringen zudem seit 2016 ihre Expertise in das vom Bundesministerium für Forschung und Entwicklung (BMBF) geförderte Kopernikus-Projekt „SynEnergie“ ein.

Weitere Information:

<https://eta-fabrik.de/forschung/projekt/phi-factory/>,
<https://www.kopernikus-projekte.de/synergie>



Abbildung: Jan Hosan

In der ETA-Fabrik der TU Darmstadt wird an einer realen Prozesskette der metallverarbeitenden Industrie an innovativen Lösungen für mehr Nachhaltigkeit in der Produktion geforscht. Hierfür wurde die Fabrik mit einem umfangreichen Energiemonitoringsystem ausgestattet, in das mehrere tausend Datenpunkte aus den Maschinen und dem Fabrikgebäude einfließen.



Abbildung: Jan Hosan