

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 Söneck

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, dass 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 datenbasierte 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.

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

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.

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

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

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 Fabrikssysteme 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 Sprunginnovationen 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