

Mangel an Technik-Fachkräften: Was tun?

Fotos: Leo Menzel, Illustration: Dorota Gorski



Energiewende und Klimaschutz,
Digitalisierung der Infrastrukturen
und Transformation der Industrie – um diese
Zukunftsaufgaben zu meistern, braucht es
in erster Linie Ingenieure und andere Fachkräfte
aus vielen technischen Bereichen.
Doch zwischen Bedarf und Angebot
gibt es eine Schere,
die sich immer weiter öffnet:
In den „anhaltenden Engpässen
in IT-Berufen sowie in der Berufsgruppe
Technische Forschung und Entwicklung“
sieht das Bundesarbeitsministerium
eine große Herausforderung
für die Zukunft
des Standorts Deutschland.



Während der Bedarf an technischer Expertise steigt, sinkt die Zahl der jungen Menschen, die ein Studium der Mathematik, Informatik, Natur- oder Technikwissenschaften aufnehmen. Im Jahr 2021 begannen insgesamt 307.059 Menschen an deutschen Hochschulen ein Studium in einem MINT-Fach. Das waren 6,5 Prozent weniger als 2020 und sogar 12,5 Prozent weniger als im Jahr 2017, als die Zahl der MINT-Erstsemester mit 351.000 einen Höchststand erreicht hatte. Zwar gab es 2021 infolge der Corona-Pandemie insgesamt weniger Studienanfänger, aber in den MINT-Fächern fiel der Rückgang besonders stark aus und er hatte zudem schon vor der Pandemie begonnen. Fo-

kussiert man innerhalb des MINT-Bereichs auf den Maschinenbau, zeigt sich ebenfalls ein allmählicher Abwärtstrend. Die Zahl der Erstsemester sank deutschlandweit von etwas über 107.000 im Wintersemester 2011/12 auf knapp 95.000 im Wintersemester 2021/22, nachdem es im Wintersemester 2015/16 ein Zwischenhoch mit über 120.000 Anfängern gegeben hatte. An der Leibniz Universität Hannover schrieben sich im Studienjahr 2022 392 Personen für den Maschinenbau ein gegenüber 546 im Studienjahr 2013. Dagegen ist die Gesamtzahl der Maschinenbaustudenten in Hannover in den vergangenen zehn Jahren sogar leicht gestiegen: von 3217 auf 3349.

Frauen im Maschinenbau

Ein Grund für den Fachkräftemangel besteht darin, dass bislang noch viele Frauen gegenüber technischen Fächern, Ausbildungsgängen und Berufen „fremdeln“. Während der Frauenanteil in manchen MINT-Fächern wie der Mathematik oder der Biologie mittlerweile mehr als die Hälfte ausmacht, sind sie in den technischen Fächern immer noch stark unterrepräsentiert. Im Wintersemester 2021/22 lag der Anteil der Studentinnen im Maschinenbau an deutschen Hochschulen dem Centrum für Hochschulentwicklung

(CHE) zufolge bei 12,5%. Die Leibniz Universität Hannover hebt sich vor diesem Hintergrund positiv ab: Hier ist der Anteil der Frauen im Maschinenbaustudium im vergangenen Jahrzehnt von dreizehn auf immerhin siebzehn Prozent gestiegen.

Um solche positiven Trends zu verstärken, ist es nötig, schon in den Klassenzimmern anzusetzen und den Schülerinnen die Vielfalt und die Chancen technischer Fächer, Ausbildungen und Berufe deutlich zu machen. Eine Veranstaltung, auf der das mit viel Erfolg geschieht, ist der Projekttag „Mädchen und Technik“ (MuT). Er wird vom Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) und dem PZH seit 2007 alljährlich organisiert.



Selina Raumel vom Institut für Mikroproduktionstechnik, Organisatorin des „Mädchen und Technik“ Kongresses.

Schülerinnen erleben hier die Welt des Maschinenbaus, können in Mitmach-Projekten experimentieren, mit Wissenschaftlerinnen sprechen und sich über die Vielfalt technischer Ausbildungen und Berufe informieren (s. auch S. 7). Seit 2017 liegt die Leitung in den Händen von Selina Raumel, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IMPT. Im Interview spricht sie über MuT und den weiblichen Nachwuchs im Maschinenbau.

Frau Raumel, „Mädchen und Technik“ richtet sich an Schülerinnen zwischen dreizehn und achtzehn. Wie kommt die Veranstaltung bei Ihrer Zielgruppe an?

Sehr gut, ist mein Eindruck. Die Zahl der Teilnehmerinnen ist in den vergangenen Jahren von etwa 70 auf jetzt 120 bis 200 gestiegen. Da liegt für uns auch die Grenze, erstens aus räumlichen Gründen und zweitens, damit wir in den Mitmach-Projekten und im persönlichen Austausch noch allen gerecht werden können.

Wie reagieren die Schülerinnen auf die Welt des Maschinenbaus?

Viele können sich unter Maschinenbau erst mal gar nichts Konkretes vorstellen. Hier am PZH erleben sie dann von der Transporttechnik über das Schmieden und die Sensorik bis zur Quantentechnik die ganze Vielfalt des Fachs. Und das begeistert viele. Auch die Projekte, in denen viel programmiert wird, sind immer ausgebucht. Die Schülerinnen machen überall sehr aktiv mit, weil sie Dinge ausprobieren können und es nichts ausmacht, wenn mal was schief geht.

Was wollen die Mädchen wissen?

Es geht oft um die berufliche Zukunft, denn in der zehnten Klasse steht für viele die Entscheidung an: Realschulabschluss oder Abitur, Ausbildung oder Studium. Wir zeigen ihnen, was man mit einem Maschinenbaustudium alles machen kann, aber auch, welche technischen Ausbildungsberufe es gibt. Solche Ausbildungsplätze bieten wir ja auch am PZH an. Seit einigen Jahren sind auch Firmen bei MuT vertreten, dadurch kommen die Arbeitswelt und die Jobmöglichkeiten noch stärker in den Blick.

Was wäre anders, wenn Jungen bei der Veranstaltung dabei wären?

Mädchen brauchen am Anfang etwas länger, um warm zu werden. Sie sind zunächst mal vorsichtig, um sicherzugehen, keine „komischen“ Fragen zu stellen. Und diese Scheu zu überwinden, fällt ihnen bei MuT leichter, weil wir hier alle „Mädels“ sind und sie die Wissenschaftlerinnen und Studentinnen in den Projekten als positive Beispiele erleben. Ich kenne die Angst, im Mathe- oder Physikunterricht „dumme“ Fragen zu stellen, von mir selbst aus meiner eigenen Schulzeit. Als ich dann bei einem Girls' day war, hat mir das geholfen, solche Hemmungen zu überwinden.

Lange Zeit waren technische Studiengänge weitgehend eine Männerdomäne. Mittlerweile steigt der Frauenanteil – zwar nicht rasant, aber doch stetig. Woran liegt das?

Ich denke, dass die Geschlechtszugehörigkeit nicht mehr so entscheidend ist. Die jüngere Generation geht damit offener um, es gibt in dem Maße keine männlichen oder weiblichen Studiengänge mehr. Als ich vor zehn Jahren anfang zu studieren, war das noch etwas anders.

Das würde bedeuten, dass es in den letzten Jahren noch mal einen Schub gegeben hat.

Ja, da hat sich noch mal etwas getan. Man merkt das auch an den Schülerinnen, die offener und interessierter geworden sind. Das liegt wohl daran, dass man jetzt viel mehr Frauen sieht, die im technischen Bereich tätig sind. Da spielen die sozialen Netzwerke eine wichtige Rolle. Auf Instagram kann man Wissenschaftlerinnen folgen, die dort Experimente zeigen und über ihren Tagesablauf sprechen. Ich glaube, diese Sichtbarkeit hilft. Auch hier am Institut ist diese Entwicklung spürbar: Als ich anfang, waren wir zwei wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, jetzt sind wir zu sechst.

Wissen Sie, ob Mädchen, die bei MuT dabei waren, später die MINT-Richtung eingeschlagen haben?

Meine neue Kollegin am IMPT, Eileen Müller, ist eine ehemalige MuT-Schülerin. Sie ist dabei zu promovieren und wird MuT weiterführen. Und ich begegne immer mal wieder Studentinnen, die mich ansprechen: „Wissen Sie noch, wir waren damals bei MuT dabei.“

Automatisierung als Chance

Flexible Roboter und technikaffine Menschen können den Fachkräftemangel in der Produktion gemeinsam kompensieren

In der Produktion fehlen Ingenieure und andere technische Fachkräfte – ein Personalmangel, der in Zukunft noch stark zunehmen wird. Leichtbauroboter, wie zum Beispiel Cobots bieten für viele Unternehmen die Chance, solche Lücken zu füllen

und zugleich die Fertigung flexibler, effizienter und ressourcenschonender zu gestalten. Mit dem RoboHub Niedersachsen gibt es seit vergangenem Jahr am PZH ein Zentrum für Cobot- und Roboterautomation, das Unternehmen Informationen, Schulungen und Beratung anbietet. Welche Möglichkeiten Leichtbauroboter angesichts von Personalengpässen bieten, schildern die RoboHub-Experten Dr. Jan Jocker und Sebastian Blankemeyer.

Die Angebote des RoboHub richten sich in erster Linie an mittelständische Betriebe. Wie ist dort die Personalsituation im technischen Bereich?

JAN JOCKER: Unternehmer haben mitt-



Sebastian Blankemeyer vom Institut für Montagetechnik (match) richtet einen Cobot ein.



Jan Jocker (links), Geschäftsführer der Technik und Wissen GmbH, und Sebastian Blankemeyer vom Institut für Montagetechnik sind Mit-Initiatoren des RoboHub.

lerweile Schwierigkeiten, qualifizierte Fachkräfte, zum Beispiel Schweißer, zu finden. Viele handwerkliche Berufe sind heute stark technisiert. Es sind also oft hochqualifizierte Leute, um die die Arbeitgeber konkurrieren. Aber auch in Bereichen wie Verpackung, Handling oder Logistik können viele Stellen nicht besetzt werden.

SEBASTIAN BLANKEMEYER: Für die Unternehmen ist zudem absehbar, dass immer mehr Mitarbeitende demnächst in Rente gehen. Automatisierung ist dabei eine Möglichkeit, das abzufangen. Und die müssen die Betriebe jetzt einleiten und nicht erst, wenn die Leute nicht mehr da sind.

Welche Möglichkeiten bieten da Leichtbauroboter?

JAN JOCKER: Ein konkretes Beispiel aus unserer Beratungspraxis ist der Kunststoff-Spritzguss in einem Unternehmen. Dort wurden vorgewärmte Metallteile in mittleren Stückzahlen in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt, dann umspritzt und nach einer Abkühlzeit von einem Mitarbeiter manuell entnommen. Das war eine eher unangenehme und mit viel leerer Wartezeit verbundene Tätigkeit. In dem

Unternehmen gibt es zwar auch Spritzgießmaschinen, bei denen diese Handhabung automatisch abläuft, aber deren Einsatz lohnt sich nur bei hohen Stückzahlen. Bei dem genannten Spritzgießwerkzeug übernimmt nun der Cobot die Tätigkeit des Mitarbeiters, indem er die Teile einlegt und entnimmt. Mit dem Leichtbauroboter wurde also die Spritzgießmaschine nachträglich automatisiert, und das lohnt sich oft auch bei kleinen und mittleren Losgrößen.

Ein anderes Beispiel ist ein Metallbaubetrieb, wo der Cobot eingesetzt wird, um kleine Standardelemente für Geländer und Balkone zu fertigen, während die menschlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen sich parallel um die Großteile kümmern.

SEBASTIAN BLANKEMEYER: Ein Vorteil dieser Roboter ist auch, dass sie sich vergleichsweise einfach programmieren lassen, weil Funktionsabläufe blockweise zusammengefasst werden können. Diese Vereinfachung der Softwaretools ist auch eine Reaktion auf den Fachkräftemangel: Es fehlen nämlich mittlerweile auch Experten für die Programmierung und In-

betriebnahme von Steuerungstechnik.

Welche Mitarbeiter in den Betrieben arbeiten mit den Cobots und wie funktioniert die Bedienung?

JAN JOCKER: Wir kennen Betriebe mit eigener Automationsabteilung und andere, deren Mitarbeiter sich das ohne Vorkenntnisse erarbeitet haben. Nicht selten sind es junge Auszubildende, die schon von vornherein eine hohe Affinität zu Informations- und Steuerungstechnik mitbringen und sich das sehr schnell spielerisch aneignen.

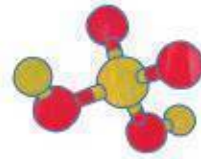
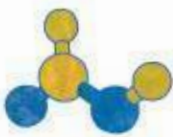
SEBASTIAN BLANKEMEYER: In der Regel gibt es eine grafische Oberfläche, die man intuitiv bedienen kann. Vieles ist angelehnt an das, was wir vom Smartphone kennen. Oft sind die Systeme so ausgelegt, dass man den Roboter in eine bestimmte Position bewegen und diese Position dann abspeichern kann.

Das klingt, als könnten die Roboter manche Arbeitsplätze sogar attraktiver machen.

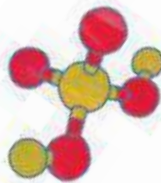
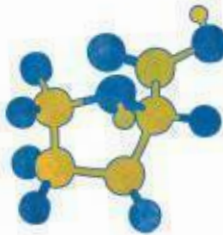
JAN JOCKER: Ja, möglicherweise schlagen Arbeitgeber mit den Leichtbaurobotern zwei Fliegen mit einer Klappe. Die Cobots automatisieren nicht nur Produktionsprozesse, sondern helfen auch, technikaffine Arbeitskräfte zu halten oder zu gewinnen. Das sind Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die vielleicht keine Lust haben, selbst Schweißnähte zu ziehen, die aber gern einen Roboter programmieren, der das dann macht.

Der Cobot verdankt seinen Namen ja der Kollaboration, also der direkten Zusammenarbeit von Mensch und Maschine mit Hilfe seiner integrierten Sensorik. Welche Rolle spielt dieser Aspekt aktuell?

SEBASTIAN BLANKEMEYER: Die Interaktion in einem gemeinsamen Arbeitsraum stand zu Beginn der Entwicklung stärker im Blick als heute. Die Cobots werden momentan in erster Linie für eine einfache und schnelle Automatisierung genutzt. Die Kollaboration, bei der Roboter und Menschen zusammen im gleichen Arbeitsraum arbeiten, hat sich dagegen bislang nur in begrenztem Maße durchgesetzt, sie hat aber viel Potential für die Zukunft.



Sauerstoffbefreit: Ein Entwicklungssprung für die Produktionstechnik



Für Menschen ist Sauerstoff lebenswichtig, in der Produktionstechnik kann er jedoch störend sein. Wann immer die Oberflächen zweier Bauteile in unmittelbaren Kontakt kommen, sind es nämlich normalerweise nicht die Metallatome, die aufeinander treffen, sondern die Oxidschichten, die die Oberflächen überziehen. Das kann das Beschichten oder Verbinden von Metallbauteilen erschweren. Das Problem ist vom Lötten bekannt: Dort benutzt man Flussmittel, um die Oxidschichten abzutragen, damit das heiße Lot mit der metallischen Oberfläche direkt in Kontakt kommt und eine feste Verbindung eingeht.

Aber nicht nur für das Lötten, auch für andere Fügetechniken ebenso wie für Verfahren des Ur- und Umformens, Trennens und Beschichtens gilt: Die Abwesenheit von Sauerstoff kann die Qualität des

Bauteils erheblich verbessern und sowohl den Energieverbrauch als auch den Werkzeugverschleiß verringern. Dabei reicht allerdings ein technisch erzeugtes Vakuum oder eine Argon-Schutzgasatmosphäre, wie sie beim Schweißen eingesetzt wird, nicht aus. Auch in solchen Umgebungen gibt es immer noch so viele Sauerstoffatome, dass sich auf einer gerade abgeschliffenen oder -geätzten Oberfläche sofort wieder eine dünne Oxidschicht bildet.

Weniger Sauerstoff
als zwischen Erde und Mond

Um die produktionstechnischen Möglichkeiten einer wirklich sauerstofffreien Umgebung auszuloten, müssen also völlig neue Wege beschritten werden. Das geschieht seit 2020 im Sonderforschungsbe-

reich „Sauerstofffreie Produktion“, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird. Entstanden war die Idee im Umfeld von Forschungen im Bereich des industriellen Lötens am Institut für Werkstoffkunde (IW). Zum Team des SFB gehören 13 Institute, davon sechs aus dem PZH.

„Wir geben dem Argon eine sehr kleine Menge Silan bei. Das ist eine Silicium-Wasserstoff-Verbindung, die sämtlichen Sauerstoff bindet, so dass Siliciumdioxid und Wasserstoff entstehen. Selbst zwischen der Erde und dem Mond gibt es noch mehr Sauerstoff als in den Atmosphären, in denen wir unsere Versuche machen“, sagt Dr.-Ing. Sebastian Herbst, Wissenschaftler am Institut für Werkstoffkunde (IW) und Geschäftsführer des SFB. Eine Alternative, um den Sauerstoff abzubinden, wäre Wasserstoff. Silan hat



Khemais Barienti, Mitarbeiter im SFB, bereitet eine Probe zur Röntgenuntersuchung vor.

aber den Vorteil, dass es schon bei Raumtemperatur mit dem Sauerstoff reagiert.

Arbeiten unter Sauerstofffreiheit sind damit also bei Umgebungsdruck und normalen Arbeitsplatztemperaturen möglich. Aber natürlich können Menschen in einer solchen Atmosphäre nicht agieren. Die Experimente finden deshalb in Kammern oder Boxen statt, in die Bauteile und Geräte eingeschleust werden müssen. Die sauerstofffreie Atmosphäre wird kontinuierlich überwacht und durch gelegentliche Silanzugaben aufrechterhalten. Die Forschenden greifen mit Handschuhen, die in die Wände eingesetzt sind, in das Innere der Boxen, um dort mit den Geräten und Objekten zu hantieren. Die fixierte Position und der eingeschränkte Aktionsradius erfor-

dern eine genaue vorherige Planung der Experimente und Messungen.

Bessere Haftung ohne Oxid

Ein Beispiel für die Vorteile sauerstofffreier Produktion liefert das thermische Spritzen, das in einem Teilprojekt des SFB am IW untersucht wird. Das thermische Aufspritzen von Schichten wird in vielen industriellen Bereichen unter anderem für den Verschleiß- und Korrosionsschutz von Bauteilen eingesetzt. „Normalerweise geschieht das in sauerstoffhaltigen Atmosphären, was dazu führt, dass die flüssigen Metalltropfen, die auf das Bauteil auftreffen, eine Oxidhaut bilden. Das tun auch die nachfolgenden Partikel, die sich darauf absetzen, so dass sich überall

Oxidsäume bilden. Man hat dann letztlich keine homogene Schicht, sondern was man im Längsschnitt sieht, ähnelt einem Stapel Pfannkuchen“, erläutert Dr. Sebastian Herbst. Schichten, die in sauerstofffreier Atmosphäre aufgebracht werden, weisen hingegen keine Oxideinschlüsse auf. Das hat einen entscheidenden Vorteil: Sie sind sehr viel fester und haften um ein Vielfaches besser auf dem Untergrund.

In einem anderen IW-Projekt geht es um das Walzplattieren: Dabei wird ein Werkstoff auf einen anderen aufgewalzt und dadurch mit ihm verbunden. Dieses Verfahren des Kaltpressschweißens wird zum Beispiel angewandt, um unterschiedliche metallische Bänder zu einem Verbundmaterial zu vereinigen. Besonders geeignet ist es für die Verbindung von Werkstoffen wie Stahl und Alumi-

um, die sich nicht miteinander verschweißen lassen. Im IW wird untersucht, inwieweit unter Sauerstofffreiheit auch Werkstoffe verbunden werden können, bei denen das bis jetzt schwierig oder nicht möglich war.

Bislang sind nicht nur die möglichen Materialkombinationen beschränkt. Auch wenn passende Werkstoffe verbunden werden, müssen zunächst die hinderlichen Oxidschichten durch einen erhöhten Kontaktdruck aufgebrochen werden, um metallisch reine Oberflächen freizulegen. Zudem ist in der Regel noch der Einsatz von Wärme notwendig, um die nötige Verbundfestigkeit herzustellen. Das IW-Team will deshalb nicht nur herausfinden, welche neuen Materialkombinationen das sauerstofffreie Walzplattieren erlaubt, sondern auch, inwieweit sich dadurch der erforderliche Umformgrad senken, die notwendige Wärmebehandlung reduzieren und die gesamte Fertigungskette verkürzen lässt. „Wir beobachten aktuell schon Energieeinsparungen von etwa 30 Prozent und gehen davon aus, dass wir

dies in Zukunft durch eine weitere Verbesserung der Oxidschichtentfernung noch deutlich steigern können“, sagt Sebastian Herbst.

Weniger Verschleiß, mehr Recycling

Nicht nur beim Fügen und Beschichten, sondern auch beim Zerspanen von Werkstoffen macht die Abwesenheit von Sauerstoff einen entscheidenden Unterschied. Was das für das Fräsen und Drehen bedeutet, wird am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) am Beispiel von Titan untersucht. Dieser wertvolle Rohstoff, der zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt und in der Medizintechnik zur Anwendung kommt (s. auch S. 36), ist für die Versuche auch deshalb interessant, weil er mit Sauerstoff stark reagiert. Durch das Fräsen oder Drehen entstehen hohe Temperaturen. Finden die Arbeiten zudem unter Sauerstoff statt, fördert das die Bildung von Oxidschichten auf dem Werkzeug, was wiederum den

Werkzeugverschleiß verstärken kann. Ein anderer Effekt ist, dass die Titanspäne durch die Oxidation sowie durch Werkzeugpartikel und Rückstände von Kühlschmierstoffen verunreinigt werden und deshalb für die Produktion hochwertiger Bauteile nicht ohne weiteres recycelt werden können. Eine sauerstofffreie Umgebung, so die Erwartung der Forscher, wird den Werkzeugverschleiß reduzieren und die Wiederverwertung der Titanspäne ermöglichen.

„In diesen und in den anderen Teilprojekten des Sonderforschungsbereichs zeigt sich immer deutlicher, welches Potential in der sauerstofffreien Produktionstechnik steckt“, sagt Sebastian Herbst. „Das betrifft nicht nur die sehr großen Effekte bei der Ressourcenschonung und die enorme Steigerung der Produktqualität. Es zeichnen sich auch gänzlich neue Möglichkeiten der Fertigung und des Einsatzes von Werkstoffen ab. Wir erleben hier einen echten Technologiesprung.“



Zerspanen einer Probe in sauerstofffreier Atmosphäre. Kleines Bild: herkömmlich erzeugte Titanspäne (links) mit den typischen, durch Oxidation hervorgerufenen Verfärbungen, rechts Späne, die ohne Sauerstoffeinfluss hergestellt wurden. Das schont das Werkzeug und als Bonus lassen sich die Späne auch noch besser recyceln.



Labor im Koffer:

Quantenkryptographie für Anfänger

Wie sich die Datenübertragung mit Hilfe polarisierten Lichts verschlüsseln lässt, erleben Studierende am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) in einem neuen Augmented-Reality-Labor der Arbeitsgruppe Optronik.

Sichere Datenübertragung ist in einer digitalisierten Gesellschaft essenziell. Um Lauschaktionen abzuwehren, sind Verschlüsselungen notwendig. Die fortschrittlichste Technologie, die dafür zur Verfügung steht, ist die Quantenkryptographie. Sie nutzt die quantenmechanischen Eigenschaften von Elementarteilchen und Photonen, um unknackbare Verschlüsselungssysteme für die digitale Informationsübertragung zu erzeugen. Das ist so anspruchsvoll, wie es klingt und als studentischer Lernstoff keine leichte Kost. Deshalb gibt es am ITA seit dem letzten Sommersemester ein Labor, in dem Studenten des Master-Studiengangs „Optische Technologien“ das abstrakte Prinzip der Quantenkryptographie durch Anschauung erleben und durch praktisches Ausprobieren nachvollziehen können. Entwickelt hat es die Arbeitsgruppe ‚Optronik‘ unter der Leitung von Ejvind Olsen. Die Besonderheit: Das Labor ist mobil und kann auf einem beliebigen Tisch aufgebaut werden. Seine Bestandteile – Laserdioden, Sensoren, Halbwellenplatten zur Drehung der Licht-Polarisation und Strahlteiler – passen in zwei Koffer. Die Labornutzung ist auf eine einzelne Person zugeschnitten.

Die Idee dazu entstand während der Coronapandemie, als der Laborbesuch für Gruppen nicht erlaubt war. „Wir wollten ein Labor entwickeln, das auch unter solchen Bedingungen einsetzbar ist. Es musste also ohne Betreuer auskommen, aber so ausgelegt sein, dass Nutzer nicht auf sich gestellt sind, sondern angeleitet werden und Rückmeldungen bekommen“, sagt Ejvind Olsen. Die notwendige Begleitung während des zwei- bis dreistündigen Labordurchlaufs leistet eine Augmented-Reality-Brille. Sie blendet Testfragen zum erforderlichen Vorwissen ein, liefert physikalische und technische Hintergrundinformationen und lotst mit Handlungsanweisungen und Erläuterungen durch die Versuche. Die AR-Brille erkennt die Handbewegungen der Experimentatoren und blendet 3D-Modelle ein.

Ein quantenkryptographischer Schlüssel wird erzeugt, indem ein Sender – genannt Alice – Bits an einen Empfänger – genannt Bob – schickt. In der Realität sind einzelne Photonen die Träger dieser Informationen. Da solche Aufbauten sehr aufwendig sind, nutzt das ITA-Labor einen Laserstrahl für ein Analogieexperiment. Die Laserdiode ist der Sender, der gegenüber positionierte

Sensor der Empfänger. Das entscheidende Mittel für den Aufbau des Schlüssels ist die Polarisation des Lichts sowie die Drehung der polarisierten Lichtwellen in vier verschiedenen Winkelstellungen. Für die Codierung von 0 und 1 stehen jeweils zwei Winkel zur Verfügung. Mit Hilfe der Halbwellenplatten und des Strahlteilers werden sie einer Basis – genannt x und $+$ – zugeordnet. Auf diese Weise lassen sich 0 und 1 jeweils mit der Basis x oder $+$ verschicken. Sender (Alice) und Empfänger (Bob) wählen diese Einstellungen unabhängig voneinander. Wenn sie die gleiche Einstellung wählen, kommen die übertragenen Bits so an, wie sie abgesendet wurden. Unterscheiden sich die Einstellungen, hängen Übereinstimmung oder Abweichung vom Zufall ab. Alice und Bob wissen zunächst nicht, welche Bits korrekt übermittelt wurden. Nachdem einige Hundert Nullen und Einsen übertragen wurden, tauschen sie über einen öffentlichen Kommunikationskanal die Basen aus, die sie für Sendung und Empfang jeweils benutzt haben. Für die Erstellung ihres Schlüssels behalten sie nur die Bits zurück, die mit identischen Basen gesendet und empfangen wurden. Niemand außer ihnen kann wissen, welche der beiden möglichen Winklereinstellungen damit jeweils gekoppelt war. Deshalb lässt sich auch die übermittelte Bitfolge von außen nicht rekonstruieren.

In einem zweiten Experiment wird ein Lauschangriff simuliert: Eine Spionin – Eve – greift mit Hilfe eines Sensors die von Alice gesendeten Signale ab und versucht, sie mit einer eigenen Laserdiode an Bob weiterzuleiten. Alice und Bob merken nicht, dass sich jemand in ihre Signalübertragung eingeklinkt hat. Trotzdem bleibt Eve nicht unentdeckt, denn sie kennt die Basen nicht, die Alice versendet hat. Deshalb weiß sie auch nicht, welche Basis für die Weiterleitung an Bob die richtige ist. Ob sie die passende wählt, hängt vom Zufall ab. Die Chance, dass 16 Bits, die Alice abschickt, so auch unverändert bei Bob ankommen, beträgt bereits nur ein Prozent. Bei einem Schlüssel mit 1024 Bits ist die Wahrscheinlichkeit für einen unentdeckten Lauschangriff deutlich geringer und liegt bei 10^{-23} , oder anschaulicher formuliert: Würden Alice und Bob eine Million Millionen (1 Billion) Schlüssel mit einer Länge von 1024 Bit jede Sekunde für 1000 Jahre am Stück generieren, würde Eve statistisch betrachtet in dieser Zeit nur einmal unentdeckt bleiben.

„Für viele, die das Labor absolvieren, ist das Thema völliges Neuland. Aber bislang hat es bei allen irgendwann ‚Pling‘ gemacht und als sie mit den Experimenten fertig waren, hatten sie das Prinzip begriffen“, so Ejvind Olsen. Das Labor ist zugleich Ausgangspunkt für weitergehende Forschungen. Das, was sich jetzt noch in zwei Koffern befindet, soll auf Chip-Größe reduziert werden. Daran arbeitet eine Forschergruppe im Exzellenzcluster PhoenixD, wo neue Technologien in der Optik und Photonik entwickelt werden. Beteiligt sind an der Miniaturisierung neben dem ITA auch das Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) und das Institut für Montagetechnik (match) sowie Forschungseinrichtungen außerhalb des PZH. Wenn diese Arbeiten erfolgreich beendet sind, wird das Quantenkryptographie-Labor in eine Jackentasche passen.



Linke Seite: Unser Autor, Dr. Wolfgang Krischke, in der virtuellen Welt. Oben: Ejvind Olsen vom Institut für Automatisierungstechnik erläutert die Anlage. Fotos: Leo Menzel

Neue *Horizonte* in der Mikrowelt



Fotos: Leo Menzel, IMPT

Vom Atomchip zum Innenohr-Implantat – am Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) entstehen Mikro- und Nanosysteme für die Industrie von heute und morgen.

Prof. Dr.-Ing. Marc Wurz, seit vergangenem Jahr Leiter des Instituts, spricht über aktuelle Forschungen und wissenschaftliche Ziele.

Herr Professor Wurz, Miniaturisierung ist ja schon sehr lange ein Thema im Maschinenbau. Was macht die Besonderheit des IMPT innerhalb der Forschungslandschaft aus?

Wir können Dinge auf Skalen fertigen, die andere nicht beherrschen. Im Moment reicht unser Spektrum vom Millimeterbereich bis hinunter zu 100 Nanometern. Für die Zukunft peilen wir als Zielgröße 10 Nanometer, also zehn Millionstel Millimeter, an.

Wo spielen solche winzigen Abmessungen eine Rolle?

Unter anderem in der Photonik und in Quantensystemen. Lassen Sie mich das am Beispiel der Gravimetrie beschreiben: Dabei geht es darum, das Schwerfeld der Erde zu vermessen. Solche Daten werden etwa für die Erkundung von Bodenschätzen oder die Messung von Grundwasserständen genutzt. Wir entwickeln zurzeit Atomchips, die das Kernstück von Quantengravimetern bilden. Der Atomchip dient zur Erzeugung von Bose-Einstein-Kondensaten, also von Elementarteilchen, die sich aufgrund extrem

niedriger Temperaturen alle gleich verhalten. Indem man sie fallen lässt, kann man das Schwerfeld viel präziser messen als bislang. Zum Gesamtsystem gehören aber auch Vakuum-, Pump- und Lasertechnik sowie das Gehäuse, deshalb sind die quantenbasierten Gravimeter, die heute verwendet werden, noch so groß wie ein kleiner Kühlschrank. Unser Ziel ist es,

darin besteht, die Dinge kleiner zu machen.

Sie haben im vergangenen Jahr die Leitung des IMPT übernommen. Welche wissenschaftlichen Schwerpunkte wollen Sie setzen?

Ich führe eine Neuausrichtung weiter, mit der wir schon 2015 begonnen haben, als ich stellvertretender Leiter des Instituts wurde. Die Einbeziehung von Quantensystemen – Computer wie auch Sensoren – in unsere Forschungsarbeit ist Teil dieser Neuausrichtung. Die Art von Chip, die ich gerade beschrieben habe, war unsere Eintrittskarte in dieses Gebiet. Ein anderer hochinnovativer Bereich, in dem wir forschen, ist die Photonik.

Beide Themenbereiche, also die Photonik und die Quantentechnologie, finden bei uns in der Mikrosystemtechnik zusammen, wodurch wir eine führende Rolle einnehmen.

Welche praktische Bedeutung hat der Quantenbereich für die Produktionstechnik und die Industrie?

Quanten versprechen zunächst einmal

„Wir können Dinge auf Skalen fertigen, die andere nicht beherrschen.“

das Ganze auf das Format eines Smartphones zu reduzieren, so dass daraus ein mobiles Gerät wird. Wenn uns das gelingt, ist es eine Triebfeder für die weitere Verbreitung von Quantensystemen überhaupt. Im Moment sind Quantencomputer oder Quantensensoren für den mobilen Einsatz nämlich noch zu groß. Und da spielen wir unsere Stärke aus, die

höhere Präzision. Bei der Quantengravimetrie steigt sie um einige Zehnerpotenzen. Ein anderes wichtiges Feld ist die Zeitmessung, auf der die Navigationssysteme von Fahrzeugen beruhen. Deren Genauigkeitstoleranz liegt heute bei einem Meter. Für autonomes Fahren ist das viel zu viel. Wir müssen Mess-Systeme entwickeln, mit denen wir in den Zentimeterbereich kommen. Ein weiterer wichtiger Anwendungsreich ist das Quantencomputing. Das IMPT ist an einem vom niedersächsischen Ministerium geförderten Verbundvorhaben

beteiligt, in dem ein 50-Qbit-Quantencomputer entwickelt wird. Da setzen wir uns mit Aufbau- und Verbindungstechniken auseinander, also mit der Frage, wie man solche Systeme integriert.

Was bedeutet die Ausweitung von der klassischen Physik in die Quantenwelt hinein für Ihre wissenschaftliche Arbeit?

Das erfordert schon eine andere Art zu

denken. Man muss die Quantenphysik so weit verstehen, dass man die großen Laboraufbauten, wie sie die Physiker betreiben, in miniaturisierte Systeme übersetzen kann, die ganzheitlich funktio-

ist die wissenschaftliche Klammer, die sie zusammenhält?

Ein Kernbereich ist die Dünnfilmtechnik. Sie findet vor allem im Reinraum statt, wo wir Beschichtungs-, Lithographie- und Ätzverfahren in Form einer Prozesskette einsetzen. Dieses Feld bauen wir gerade noch massiv aus und passen es so den Anforderungen von morgen an. Ein anderer Kernbereich ist die mechanische Präzisionsbearbeitung. Dazu gehört vor allem das Trennschleifen, also das Trennen von Wafern, aber auch die Oberflä-

chenbearbeitung. Denn wenn wir beispielsweise galvanisch Schichten abscheiden, bekommen wir unebene Oberflächen, die wir wieder einebnen müssen, damit der nächste Lithographieschritt darauf funktioniert.

Ein weiteres Standbein ist die Aufbau- und Verbindungstechnik: Ein Chip für sich nützt ja nichts, er muss integriert

„Das Thema Quantentechnologie wird uns sicherlich noch zehn Jahre lang beschäftigen.“

nieren. Und dann müssen wir dafür ein Produktdesign entwickeln, das die Fertigung höherer Stückzahlen ermöglicht, denn erst dadurch wird das Ganze bezahlbar. Das ist die Triebfeder der Mikrosystemproduktionstechnik.

Einmal abgesehen von den Quantentechnologien – welche unterschiedlichen Bereiche gibt es im IMPT und was



Prof. Dr.-Ing. Marc Christopher Wurz, geb. 1974, leitet seit vergangenem Jahr das Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) am PZH. Marc Wurz studierte Bauingenieurwesen an der Universität Hannover bis zum Diplom und promovierte anschließend im Fachbereich Maschinenbau. Von 2004–2005 leitete er die Dünnfilmgruppe am Institut für Mikrotechnologie, danach war er bis 2015 Oberingenieur am Institut für Mikro-

produktionstechnik des PZH. Von 2015 bis 2021 war Marc Wurz stellvertretender Leiter des Instituts und hauptverantwortlich für seine wissenschaftliche Ausrichtung. 2021 nahm er einen Ruf auf die Professur für Integration von Mikro- und Nanosystemen an der Universität Ulm an. Im darauf folgenden Jahr erfolgte die Berufung auf die Professur für Sensorsysteme der Produktionstechnik der Leibniz Universität Hannover.

werden in ein System. Das kennt man klassischerweise aus der Elektronik. Allerdings sind die Anforderungen, mit denen wir es insbesondere für die Quantensysteme zu tun haben, wesentlich höher: Wenn ich ein Ultrahochvakuum brauche, dürfen die Fügekomponenten nicht ausgasen, denn sonst vermindert sich die Vakuumqualität und damit die Präzision des Mess-Systems. Wir müssen also spezifische Technologien entwickeln, damit das funktioniert. Andere Herausforderungen bietet das Quantencomputing, das bei extrem niedrigen

Temperaturen stattfindet. Dafür müssen wir Materialien finden, die bei Kälte nicht spröde werden. Und der letzte Bereich ist die Tribologie: Da erforschen wir passend dazu, wie sich unterschiedliche Atmosphären und Oberflächenzustände auf die Reibung auswirken, welchen Verschleiß sie bewirken und welche Schmierungsprozesse notwendig sind.

Sie haben im vergangenen Jahr die Leitung des IMPT übernommen. Was steht im Moment auf Ihrer Agenda?

Was im Moment ansteht, ist die Inbetriebnahme von Anlagen, mit denen wir Diamantschichten herstellen und charakterisieren können. Die spielen für die Werkzeugbeschichtung eine Rolle, aber ebenso für die Medizintechnik, die Photonik und die Quantensysteme.

Wie groß ist das wissenschaftliche Team im Institut?

Seit der Übernahme der wissenschaftlichen Leitung im Jahr 2015 ist die Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter von 13 auf 29 gestiegen.

Eine beträchtliche Expansion.

Ja, die Vielfalt an spannenden Forschungsbereichen, in denen wir parallel aktiv werden müssen und wollen, ist sehr

groß. Ich denke, die Anzahl an wissenschaftlichem Personal wird mittelfristig noch auf 35 bis 40 anwachsen.

Und welche längerfristigen Forschungsperspektiven verfolgen Sie?

„Wie verändern wir Produktion? Wie schaffen wir eine neue Kreislaufwirtschaft? Da wird es neue Konzepte der Materialtrennung mit sensorischen Lösungen geben.“

Das Thema Quantentechnologie wird uns sicherlich noch zehn Jahre lang beschäftigen. Ein anderes Feld, auf dem wir noch viel Arbeit vor uns haben, ist die Photonik. Hier müssen wir einen ähnlichen Sprung schaffen, wie er damals von der Röhren- zur Halbleitertechnik gelang, wodurch die gesamte Elektronik beachtlich schrumpfte. Allerdings wird die Lösung hybrid sein, also optoelektronisch, denn ohne elektrische wird auch die optische Versorgung nicht funktionieren.

Welche anderen Bereiche haben Sie im Blick?

Ich verspreche mir sehr viel von der Miniaturisierung medizinischer Produkte. Wir haben erste Demonstratoren für Cochlea-Implantate hergestellt und auch bei der sensorischen Überwachung von Patienten gibt es noch viel Potential. Und natürlich beschäftigen wir uns mit den grundsätzlichen Fragen der Produktionstechnik: Wie verändern wir Produktion? Wie schaffen wir eine neue Kreislaufwirtschaft? Da wird es neue Konzepte der Materialtrennung mit sensorischen Lösungen geben. Ein größeres Thema ist auch die sauerstofffreie Fertigung, der zurzeit ein kompletter Sonderforschungsbereich ge-

widmet ist. Die Erkenntnisse, die wir dort gewinnen, können wir auf ganz verschiedene Bereiche übertragen. Materialien, die in der Sauerstoffatmosphäre stark reagieren, lassen sich nun auf einmal ganz anders

handhaben. Das ist sehr interessant.

Wofür zum Beispiel?

Für alle Materialien, die einer oxidativen Reaktion oder auch Verschleiß unterliegen. Oxidative Reaktionen erfolgen beispielsweise bei Metallen wie Aluminium oder Titan, auf denen sich in kürzester Zeit Oxidschichten bilden. Wenn sich diese Oxid-

schichten nicht bilden, verändert sich das Materialverhalten. Betroffen sind vor allem Prozesse, bei denen metallische Oberflächen in Kontakt miteinander kommen. Fehlende Diffusionsbarrieren begünstigen adhäsives Verhalten der Oberflächen und haben einen empfindlichen Einfluss auf Umform-, Füge und Zerspanprozesse. Es gibt aber auch andere reaktive Werkstoffe, deren Verarbeitung in einer sauerstofffreien Atmosphäre erst möglich sind. Hier sehen wir Anwendungen im Bereich der Quantentechnologie.

Wie groß ist der Rückhalt für Ihre Forschungen in der Politik?

Im Moment ist alles auf sehr gutem Weg. Ich habe den Eindruck, dass wir hier mit unseren Themen auf offene Ohren stoßen und dass es ein großes Interesse gibt, auch eine entsprechende Industrie zu schaffen. Wir haben deshalb Kooperationsprojekte mit Firmen aufgesetzt, um das, was wir hier im Labor machen, in eine industrielle Form zu überführen. Wir müssen ein Stück weit einen Markt schaffen für die Dinge, die wir erforschen. Wenn das gelingt, wird die Industrie zum Treiber.

Hart und sparsam: Präzisionswerkzeuge effizienter herstellen

Wie sich der Energieverbrauch für die Herstellung von Hartmetallwerkzeugen massiv senken lässt, erforscht ein Team am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW).

Präzisionswerkzeuge für das Fräsen, Drehen oder Bohren von Metall werden meistens aus Hartmetall hergestellt. Dieses Material besteht aus Wolframcarbidpartikeln, die in einer Kobaltmatrix zusammengehalten werden, und zeichnet sich durch eine hohe Härte und Festigkeit aus. Die Herstellung dieses Schneidstoffs benötigt allerdings sehr viel Energie. In Deutschland werden pro Jahr 4.300 Tonnen Hartmetall für die Herstellung von Werkzeugen benötigt. Dafür werden insgesamt 442,5 Gigawattstunden pro Jahr verbraucht. Zum Vergleich: Ein Großkraftwerk

stufen oder aus recycelbaren Spänen vorangegangener Werkzeugfertigungen hergestellt. Schon hier lässt sich durch eine Optimierung der Recyclingprozesse und eine verbesserte Wärmerückführung Energie sparen. Der nächste Schritt ist die Formgebung: Zur Herstellung rotationssymmetrischer Werkzeuge wie Bohrer und Fräser werden aus dem Wolframcarbid-Pulver Rundstäbe, sogenannte Grünlinge, gepresst. Da ihre Form von der gewünschten Endkontur noch ziemlich weit abweicht, gehen im späteren Schleifprozess bis zu 30 % des Materials in Form von



produziert etwa 7500 Gigawattstunden pro Jahr. Zu der hohen Emission von Treibhausgasen, die mit dieser Produktion einhergeht, kommt eine starke Abhängigkeit von Ländern wie China und Kongo, in denen der größte Teil des Wolframs und Kobalts abgebaut wird.

Forscher am IFW untersuchen deshalb gemeinsam mit Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) und mehrerer Firmen, wie sich der Energiebedarf bei der Herstellung von Hartmetallwerkzeugen senken lässt. Dafür nehmen sie alle Stufen des Produktionsprozesses in den Blick: Den Ausgangspunkt bildet die Herstellung eines Pulvers aus Wolframcarbid, aus dem die Hartmetallwerkzeuge geformt werden. Das Pulver wird entweder direkt aus den abgebauten Roh-

stoffen verloren. Um diesen Materialverlust zu reduzieren, arbeiten die Forscher an Verfahren, die den Grünlingen eine Form geben, die bereits dicht an der gewünschten Endkontur des Werkzeugs ist. Dadurch lässt sich zusammen mit dem Material auch viel Energie einsparen, da der Energieaufwand bei der Ressourcengewinnung und Pulverherstellung mit 79 Kilowattstunden pro Kilogramm sehr hoch ist. Viel Potential für eine endkonturnahe Formgebung bietet der 3-D-Druck, mit dem sich allerdings bislang Hartmetallwerkzeuge in der notwendigen Qualität noch nicht fertigen lassen. Eine andere Möglichkeit der Ressourcenschonung besteht darin, dem Grünling bereits vor dem Sintern durch spanende Bearbeitung eine endkonturnahe Form zu geben. Da das Material und damit auch die Späne an diesem Punkt in der Prozesskette nicht kontaminiert sind, können sie di-



rekt in den Produktionsprozess zurückgeführt werden. Dafür müssen die Grünlinge allerdings eine höhere Festigkeit erhalten als bisher.

Nach der Formgebung werden die Grünlinge gesintert, um ihnen die geforderte Härte zu verleihen. Hier ist die Reduktion der Sinterzeiten und -temperaturen das Mittel, Energie einzusparen. Notwendig dafür sind erweiterte Kenntnisse über die Temperaturverteilung im Sinterofen sowie innovative Methoden

achtungen, Messungen und Versuche entlang der Prozesskette werden die Wissenschaftler schließlich in einem letzten Schritt optimierte Werkzeuge herstellen und testen.

Durch die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen ergibt sich eine Gesamteinsparung von 107 Gigawattstunden pro Jahr in Deutschland. Legt man die spezifische Kohlendioxid-Emission des deutschen Strommix aus dem Jahr 2017 zugrunde, entspricht das einer CO₂-Einsparung von 52.013 Tonnen pro Jahr



zur Prozessüberwachung. Simulationen und thermische Analysen sollen das nötige Wissen liefern.

Die endgültige Werkzeuggeometrie wird im darauf folgenden Prozessschritt durch das Schleifen erzeugt. Die angestrebte endkonturnahe Fertigung durch 3-D-Druck und eine entsprechende Bearbeitung der Grünlinge wird den Materialabtrag, der hier noch nötig ist, deutlich verringern. Zudem kann die Schleifgeschwindigkeit erhöht und dadurch die Schleifzeit verkürzt werden. Beides reduziert den Energieverbrauch. Um solche endkonturnahen Rohlinge optimal bearbeiten zu können, ist es allerdings nötig, die Schleifscheiben und Prozessstellgrößen in Hinblick auf die Produktivität und die Qualität der Schneidkanten zu verbessern. Auf Basis all dieser unterschiedlichen Beob-

achtungen, Messungen und Versuche entlang der Prozesskette werden die Wissenschaftler schließlich in einem letzten Schritt optimierte Werkzeuge herstellen und testen.

in Deutschland. Darüber hinaus ergeben sich zusätzliche Einsparpotenziale durch die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Anwendungsgebiete. Neben der Verwendung als Schneidstoff wird Hartmetall beispielsweise zur Herstellung von Matrizen und Stempeln in der Umformtechnik genutzt. Zudem bietet die additive Fertigung die Möglichkeit neuartiger Werkzeuggeometrien, beispielsweise mit hohlem oder durch Wabenstruktur gestütztem Schaft. Rechnet man die daraus resultierenden Effekte hinzu, ergeben sich sogar Einsparungen von 163,2 Gigawattstunden pro Jahr in Deutschland.

Weitere Informationen:

Lars Ellersiek, 0511 762 -18234,
ellersiek@ifw.uni-hannover.de

Airbus: Ressourcen schonen beim Flugzeugbau

Die produktionstechnischen Berater von ProIng entwickeln ein Konzept für eine ressourcenschonende Produktion durch intelligente Datennutzung

Klimaneutralität steht auf der Agenda der europäischen Luftfahrtindustrie weit oben. Neben der Entwicklung emissionsarmer Flugzeuge ist die Umstellung der Produktion auf energieeffiziente und ressourcenschonende Methoden eine entscheidende Voraussetzung, um dieses Ziel zu erreichen. Wie sich das praktisch umsetzen lässt, wird zurzeit im Werk von Airbus Aerostructures am Standort Nordenham untersucht und getestet. Das Werk in der Wesermarsch mit seinen 2500 Beschäftigten ist ein Zentrum für die Fertigung von Schalen für Flugzeugrümpfe. Weitere Schwerpunkte sind die

Profilfertigung sowie die Metall- und CFK-Klebeteknik. Im Rahmen des niedersächsischen Forschungsprojekts GREEN (Großkomponenten ressourcen- und energieeffizient produzieren, gefördert durch die Luftfahrtförderung der NBANK) entwickelt die am PZH angesiedelte Beratungsfirma ProIng hier gemeinsam mit Airbus, Broetje-Automation, DLR und OFFIS ein Konzept für eine ressourcenschonende Produktion durch intelligente Datennutzung.

Dafür muss zunächst einmal genau erkennbar sein, welche Komponenten in einer Fabrik – Produktionsanlagen, Heizung, Hallenbeleuchtung – zu welchen Zeitpunkten wie viel Energie verbrauchen. Eine solche lückenlose und automatisierte Erfassung aller Bereiche und Ebenen der Produktion gibt es im Nordenhamer Airbus-Werk zurzeit noch nicht. Stattdessen hängen

oft unterschiedliche Verbraucher an einem Zähler, so dass eine differenzierte Messung des Verbrauchs und des damit verbundenen CO₂-Ausstoßes nicht möglich ist. Hinzu kommt, dass die Zählerstände bislang nicht vollständig digital übermittelt werden, sondern zum Teil individuell abgelesen werden müssen. „Das bedeutet, es sind immer nur Blicke in die Vergangenheit möglich, die für eine Analyse, Steuerung und Optimierung der aktuellen Prozesse unzureichend sind. Energiekennzahlen und Produktionskennzahlen werden aktuell nur unzureichend miteinander verknüpft. Ziel des neuen Ansatzes ist es, eine gezielte Aussage zu prozess- und bauteilbezogenen Energieverbräuchen und zum CO₂-Ausstoß zu ermöglichen“, sagt Dr. Gregor Drabow von ProIng.

Er und seine Kollegen sind deshalb dabei, eine digitale Zählerinfrastruktur zu entwerfen, die die Struktur der Fabrik und ihre Produktionsabläufe spiegelt. Durch eine systematische Platzierung und Verknüpfung von Zählern werden die Verbräuche von der Werksebene hinab zu den Abteilungen und weiter bis zu den Produktionsanlagen und einzelnen Werkzeugmaschinen, aber auch zu den Beleuchtungs- und Heizungsanlagen erfasst. Wichtig ist



Dr.-Ing. Jens Bockhorst (links) und Dr.-Ing. Gregor Drabow von ProIng.

zudem, dass diese Zähler ihre Daten in Echtzeit übermitteln. Auf dieser Basis kann man jederzeit feststellen, wie hoch beispielsweise die Grundlast zu unterschiedlichen Zeiten ist, welche Lastspitzen es gibt, in welchem Maß gerade erneuerbare Energien verbraucht werden und wo Einsparpotentiale liegen. Den Nutzen, den eine detaillierte Anlagen- und Prozessüberwachung für das Energiemanagement hat, konnten die Ingenieure von ProIng bereits an einem konkreten Beispiel demonstrieren. Eine Analyse an den 3D-Flächenfräsanlagen des Werks zeigte unterschiedliche Verbräuche bei identischen Maschinen, Prozessen und Bauteilen. Der Grund waren schadhafte Antriebe in zwei Anlagen. Ein besonde-

res Augenmerk liegt beispielsweise auch auf den galvano-chemischen Produktionsschritten, die wegen der stromdurchflossenen Warmwasserbäder, die dafür notwendig sind, einen besonders hohen Energieverbrauch aufweisen. Vorgesehen ist, dass neben dem Verbrauch von Strom auch der von Gas, Fernwärme, Wasser und Druckluft gemessen wird. Letzteres zeigt an, ob die abgerufenen Kompressorleistungen für die jeweiligen Produktionsschritte wirklich nötig sind.

„Wir entwickeln gerade Tools, mit denen sich die Analyseergebnisse visualisieren und für die Produktionsplanung und -steuerung aufbereiten lassen. In einem nächsten Schritt folgen ein darauf

aufbauendes Prognosemodell und entsprechende Optimierungsstrategien. Daraus lassen sich dann konkrete Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Energieeffizienz bei den einzelnen Produktionsschritten ableiten“, so Gregor Drabow. Die Erkenntnisse aus dem Projekt GREEN sollen neben Airbus Aerostructures und seinen Partnern auch anderen Unternehmen in Form von Beratungsdienstleistungen angeboten werden. Gerade mittelständische Betriebe, für die die CO₂-Bilanzierung zunehmend wichtig wird, zeigen großes Interesse an diesem Angebot.

Weitere Informationen:

*Dr.-Ing. Gregor Drabow,
0511 762 18202, drabow@pro-ing.de*



3D-Flächenfräsanlage zur Bearbeitung von Hautfeldern

Produktionstechnik auch für unterwegs



Produktionstechnik
Hannover informiert

Vielversprechende Ergebnisse, ausgezeichnete Wissenschaftler, neue Kooperationen: Mit der phi bleiben Sie produktionstechnisch auf dem Laufenden und in Kontakt mit dem Produktionstechnischen Zentrum Hannover, dem Laser Zentrum Hannover und dem Institut für Integrierte Produktion Hannover. www.phi-hannover.de

