

Resilienz - ein Konzept macht Karriere

Robust und flexibel,
reaktionsschnell und
wandlungsfähig –
all diese Eigenschaften
bündelt die „Resilienz“.
Sie ist zum Schlüsselbegriff
der Krisenbewältigung
geworden.



„Ich möchte keine Wette eingehen, wer hier im Hause weiß, was Resilienz ist.“ Diese skeptischen Worte fielen während einer bayerischen Landtagsdebatte – allerdings im Jahr 2005. Heute wäre diese Wette ziemlich risikolos. Im Zuge der Covid-19-Pandemie ist der Ausdruck, der um die Jahrtausendwende in deutschen Wörterbüchern noch nicht verzeichnet war, zu einem allgegenwärtigen Schlagwort in Wissenschaft und Wirtschaft, Politik und Gesellschaft geworden. Wird über Wege aus der Krise und Lehren für die Zukunft diskutiert, ist „Resilienz“ ein Schlüsselbegriff.

Die Kernbedeutung ist ‚Elastizität‘, also die Fähigkeit, mit Druck von außen fertig zu werden, ohne Schaden zu nehmen. Elastisch ist auch das Wort selbst, das die unterschiedlichsten Gebiete überspannt. Psychologen verstehen darunter die Fähigkeit, starken Stress zu bewältigen, Mediziner das schnelle Regenerationsvermögen von Organen. Für Biologen sind Pflanzen resilient, wenn sie widrigen klimatischen Bedingungen standhalten. Im physikalischen Sinn bezeichnet das Wort Materialien, die sich unter Belastung vorübergehend verformen, statt zu brechen. Es ist eine solche Biegsamkeit im übertragenen Sinn, an die Technikwissenschaftler, Ingenieure und Unternehmer der produktionstechnischen Industrie denken, wenn sie von Resilienz sprechen. Gemeint ist organisatorische und technische Flexibilität, kombiniert mit Robustheit und Reaktionsschnelligkeit. Der Wert dieser Eigenschaften zeigt sich in der Krise mit aller Deutlichkeit.

Lieferketten - zum Zerreißen gespannt

Wie weit die Globalisierung fortgeschritten ist, hat uns Corona gleich in doppelter Hinsicht vor Augen geführt: Das dichte Netz

internationaler Kontakte machte aus der Epidemie rasend schnell eine Pandemie, die nun ihrerseits dieses Netz und damit die Kreisläufe der Weltwirtschaft bedroht. Als die ersten Lock-downs in Kraft traten, gerieten die Lieferketten der hochspezialisierten und arbeitsteilig über Kontinente hinweg produzierenden Unternehmen in Gefahr. Hersteller, die auf eine schlanke Just-in-time-Produktion gesetzt hatten, mussten Werkspausen einlegen, weil wichtige Bauteile fehlten. Doch der produktionstechnischen Industrie gelang es schnell, die Herausforderungen zu meistern und sich auf die neue Situation einzustellen. Die meisten ihrer Unternehmen sind bislang, anders als viele Dienstleister im stationären Handel, in der Gastronomie oder im Tourismus, im Kern unbeschadet durch die schwierigen Zeiten gekommen. Die Industrie, das wirtschaftliche Herz Deutschlands, schlägt auch in der Krise stark.

Doch das ist kein Grund zur Entspannung. Eine Reihe von Unglücksfällen, die in den letzten Monaten für Schlagzeilen sorgten, hat ins allgemeine Bewusstsein gerückt, dass Pandemien keineswegs die einzige Gefährdung der fragilen Lieferketten bilden. Als sich in der Nacht zum 24. März der 400 Meter lange Container-Frachter „Ever Given“ im Suez-Kanal quer legte, blockierte er damit eine Hauptschlagader des Welthandels. Etwa neun Prozent aller deutschen Güterexporte und -importe werden nach Schätzungen des Kieler Instituts für Weltwirtschaft über diese Wasserstraße transportiert. Kein Wunder, dass die Unglücksnachricht sofort für beträchtliche Unruhe sorgte: Die deutschen Maschinen- und Anlagenbauer befürchteten, dass die Havarie die asiatischen Märkte, zur Zeit die Wachstumstreiber der Branche, längerfristig blockieren könnte. Und in den Chemieunternehmen fragte man sich, ob dringend benötigte Vorprodukte noch pünktlich in den Fabriken eintreffen würden. Zwar blieb der Ernstfall glücklicherweise aus, da der Frachter einige Tage später wieder freikam. Doch bis dahin hatte sich schon ein Stau aus 370

Neue Forschungsansätze zielen darauf, für eine Optimierung der Resilienz intelligente Algorithmen einzusetzen.

Schiffen gebildet. Die Kosten durch Verzögerungen und logistische Folgeprobleme waren beträchtlich.

Nur wenige Tage vor der Havarie im Suez-Kanal hatte bereits ein anderes Unglück die Anfälligkeit der internationalen Industrieverflechtungen schonungslos offengelegt. Im japanischen Hitachinaka verwüstete ein Feuer Teile einer Chipfabrik. Das nur scheinbar lokale Unglück schlug sofort auf die internationale Automobilindustrie durch: Lieferungen dringend benötigter Steuer- und Speicherchips, die zu den wichtigsten Bausteinen eines modernen Autos gehören, fielen aus. Der Brand verschärfte einen ohnehin schon bestehenden Engpass, denn die Autohersteller hatten bereits im Monat zuvor ihre Produktion wegen akuten Halbleitermangels drosseln müssen. Nicht Feuer, sondern Eis war hier die Ursache gewesen: Im amerikanischen Bundesstaat Texas hatte ein extremer Kälteeinbruch die Stromnetze schwer beschädigt und Halbleiterwerke stillstehen lassen.

Warnschüsse werden gehört

Zusammen mit der Corona-Krise sind derartige Ereignisse Warnschüsse, die dem Thema Resilienz noch einmal besonderen Nachdruck verleihen. Mit gutem Grund steht es in vielen Industrieunternehmen auf der Agenda mittlerweile weit oben, werden Maßnahmen ergriffen, um die Krisenanfälligkeit zu verringern: Man bemüht sich darum, mehrere Lieferquellen offenzuhalten und legt wieder größere Lagerbestände an, um sich gegen Ausfälle abzusichern. Die höheren Kosten für diesen Puffer, die bis vor kurzem noch gescheut wurden, akzeptieren die Unternehmer jetzt. Auch die räumliche Nähe zu Lieferanten und Märkten bekommt wieder mehr Gewicht. Ein

Ende der Globalisierung sehen Experten zwar nicht voraus, wohl aber eine gewisse Rückkehr zur Region.

Doch die Sicherung von Lieferketten ist nur ein Element industrieller Resilienz. Ein weiteres besteht in der konsequenten Digitalisierung betrieblicher Informationsflüsse und der Verknüpfung dieser Daten mit aktuellen Informationen von Zulieferern, Abnehmern und Logistikdienstleistern. Eine wichtige Rolle spielen auch virtuelle Modelle der Produkte in den unterschiedlichen Stadien ihrer Fertigung. Durch den Einsatz solcher „digitalen Zwillinge“ lassen sich die Abläufe analysieren, ohne manuell einzugreifen.

Die Transparenz der Bestellvorgänge, Lagerkapazitäten und Produktionsabläufe ermöglicht in Krisensituationen schnelle Reaktionen und situationsgemäße Entscheidungen. Dabei gibt es hier noch viel Innovationspotential. Neue Forschungsansätze zielen darauf, für eine Optimierung der Resilienz intelligente Algorithmen einzusetzen. Sie könnten neben Produktions- und Logistikdaten auch unternehmensrelevante Weltnachrichten und Prognosen verarbeiten – zum Beispiel die voraussichtlichen Auswirkungen drohender Pandemien oder politischer Konflikte auf die Produktion – und auf dieser Basis Handlungsoptionen für das Management berechnen.

Heute die Welt von morgen denken

Allerdings erfordert Digitalisierung auch umfassende Datensicherheit, damit die Resilienzgewinne auf der einen Seite nicht durch erhöhte digitale Verwundbarkeit auf der anderen Seite wieder verspielt werden. Störanfällig sind selbstverständlich nicht nur die kaufmännischen, administrativen und logistischen Abläufe in

einem Unternehmen. Großflächige Stromausfälle, langfristige Energieengpässe, Systemabstürze, Brände, Cyberattacken oder Sabotageakte bedrohen die Produktionsprozesse selbst.

Welche Steuerungstechnik brauchen hochautomatisierte Systeme – von der einzelnen Werkzeugmaschine bis zur gesamten Fertigungsanlage –, damit sie auf Störungen automatisch so reagieren können, dass Schäden und Stillstände vermieden oder möglichst gering gehalten werden? Auch zu diesen Fragen wird in den Laboren und Versuchsfeldern der Maschinenbauinstitute zurzeit intensiv geforscht. Und auch hier spielen Konzepte der Künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens eine wichtige Rolle.

Bei allen Aktivitäten zur Erhöhung technischer und organisatorischer Widerstandsfähigkeit geht es aber nicht nur darum, möglichst schnell und unbeschadet einen früheren Zustand wiederherzustellen. Resilienz in ei-

nem weiteren Sinne bedeutet zudem, schon heute den möglichen Wandel von morgen einzukalkulieren. In diesem Sinn unterscheidet eine Studie der Bertelsmann-Stiftung aus dem

Jahr 2017 mit dem Titel „Ökonomische Resilienz“ zwischen einer statisch gemeinten Definition des Begriffs („Erhalt der bisherigen Funktionen eines Systems im Krisenfall“) und einer adaptiven Bedeutung („Anpassung an neue Umweltbedingungen“). Es ist vor allem dieser dynamische Aspekt der Resilienz, der Wirtschaft und Gesellschaft befähigen wird, die Pandemie und auch kommende Herausforderungen nicht nur zu überstehen, sondern gestärkt und mit neuen Perspektiven daraus hervorzugehen.

Vom Echo zum Stehaufmännchen – die Geschichte des Resilienzbegriffs

Die Wurzel des Begriffs bildet das lateinische Verb *resilire* mit der Bedeutung „zurückspringen“. In der französischen Rechtssprache des späten Mittelalters bezeichnete *résiler* die Auflösung eines Vertrages, also die Wiederherstellung der alten Rechtsverhältnisse. Den Ausdruck *Resilience*, versehen mit einer physikalischen Bedeutung, prägte im 17. Jahrhundert der englische Philosoph Francis Bacon in seinen Überlegungen zur Natur von Echos als „zurückspringendem“ Schall.

Bald schon dehnte *Resilience* seine Bedeutung auf emotionale Widerstandsfähigkeit aus und fand Eingang in den englischen Bildungswortschatz. Nach dem ersten Weltkrieg, als viele der heimgekehrten Soldaten durch das Grauen der Schützengräben traumatisiert waren, wurde es zu einem Schlüsselwort der Psychologie. Die eingedeutschte Resilienz hingegen blieb bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein ein spezieller Terminus der Naturwissenschaften und der Medizin. Nur selten überschritt das Wort die Fachgrenzen: Ende der sechziger Jahre konstatierten Sozialwissenschaftler die „Resilienz“ des Kapitalismus und 1988 definierte der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker das Wort als „die stehaufmännische Wiederherstellung nach Krisen“.

Das war gut getroffen: Das „Stehaufmännchen“, eine Figur, die sich dank eines tief liegenden Schwerpunkts immer wieder aufrichtet, ist das perfekte Sinnbild der Resilienz. Doch es dauerte von da an noch fast zwei Jahrzehnte, bis das Wort sich im öffentlichen Sprachgebrauch zu etablieren begann. Die Pandemie hat ihm nun eine steile Karriere verschafft.

Ganz nach dem Motto, das dem britischen Staatsmann Winston Churchill zugeschrieben wird: „Lass niemals eine gute Krise ungenutzt!“

Das Unerwartete erwarten: Risiko-Stresstests für die Industrie

Interview mit Professor Peter Nyhuis, Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik und Vorstandsmitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik

Interview: Wolfgang Krischke

Illustration: Sylwia Kubus

Herr Professor Nyhuis, „Resilienz“ ist ein Schlagwort mit vielen Facetten. Was genau bedeutet der Begriff für die produktionstechnische Industrie?

Es gibt Materialien, die sich unter Belastung vorübergehend verformen, aber nicht brechen. Und diese Biegsamkeit ist im übertragenen Sinn mit Resilienz gemeint. Für die Industrie bedeutet das: Unternehmen müssen lernen, das Unvorhersehbare gut zu verkraften. Dazu gehören Präventionsmaßnahmen und adäquate Reaktionsmechanismen, aber es geht auch um grundlegende Eigenschaften wie Wandlungsfähigkeit und Agilität.

Nun hat es ja auch zuvor schon Krisen gegeben, die die Industrie durchstehen musste. Warum wird das Konzept der Resilienz gerade jetzt in der Coronakrise so bedeutsam?

Industrieunternehmen arbeiten sowohl intern wie auch nach außen immer vernetzter. Daraus folgt, dass die Verwundbarkeit eines Unternehmens schon bei kleinen, zunächst harmlos wirkenden Störungen zunimmt. Kettenreaktionen können zu gravierenden Schäden im ganzen System führen. Die besondere Herausforderung der Pandemie liegt nun

darin, dass sie sich unmittelbar auf Lieferketten und Herstellungsabläufe auswirkt und damit also gewissermaßen auf das Herz dieser sensiblen Produktionssysteme zielt. Aber natürlich sollte Resilienz auch



Professor Peter Nyhuis ist Leiter des Instituts für Fabrikanlagen und Logistik.

Foto: GREAN

unabhängig vom aktuellen Covid-19-Geschehen ein Thema sein, denn auch gegenüber anderen Krisen müssen die Unternehmen gewappnet sein. Insofern sind die pandemiebedingten Probleme, die wir in den vergangenen Monaten erlebt haben, auch ein Weckruf.

Wo sehen Sie Handlungsbedarf?

Das Thema Risikoanalyse und -bewertung muss verstärkt in die unternehmerischen Entscheidungen einfließen. Bislang war es leider häufig so, dass zum Beispiel die Wandlungsfähigkeit zwar als hohes Gut angesehen wurde – aber kosten durfte es nichts. Und bei der Lieferantenauswahl war zumeist ausschließlich der Einkaufspreis ausschlaggebend, während man über die Störanfälligkeit der Lieferkette hinweg sah. Lagerbestände wurden nur als Kostenfaktor gesehen, statt sie auch als Versicherung gegen das Risiko von Ausfällen zu betrachten. Aus meiner Sicht sollte es in der Industrie – ähnlich wie im Finanzwesen – eine Art Risiko-Stresstest geben, um zu prüfen, wie sich extreme Produktveränderungen, Marktveränderungen, Personalausfall, Lieferantenausfall, Umweltkatastrophen, IT-Störungen oder politische Umbrüche auf ein

„Resilienz sollte auch unabhängig vom aktuellen Covid-19-Geschehen ein Thema sein.“

Unternehmen auswirken würden und welche Handlungsoptionen das Unternehmen dafür vorhält. Und noch ein Punkt: In Krisensituationen muss man sehr schnell agieren. Unternehmen müssen die organisatorischen Voraussetzungen für agile Entscheidungsprozesse schaffen.

Sie hatten in den vergangenen zwölf Krisenmonaten mit vielen produktionstechnischen Unternehmen Kontakt. In welchen Bereichen haben sich bereits Veränderungen vollzogen?

Das Arbeiten im Home-Office wird von allen Unternehmern, mit denen wir gesprochen haben, mittlerweile deutlich besser bewertet als zu Anfang. Und alle gehen davon aus, dass sich die Arbeitswelten zumindest in den kaufmännischen und administrativen Bereichen nachhaltig verändern werden. Aber auch die Digitalisierung der Produktion wird inzwischen als Zukunftsthema begriffen. In diesem Bereich fehlt es allerdings bislang noch an Kompetenz in den Unternehmen. Aufgrund der positiven Erfahrungen sind die Vorbehalte, die es gegen-

über der Digitalisierung gab, gewichen und haben den Blick frei gemacht für die großen Chancen, die hier liegen, wenn man nicht vernachlässigt, dass die Digitalisierung wiederum eigene Risiken birgt.

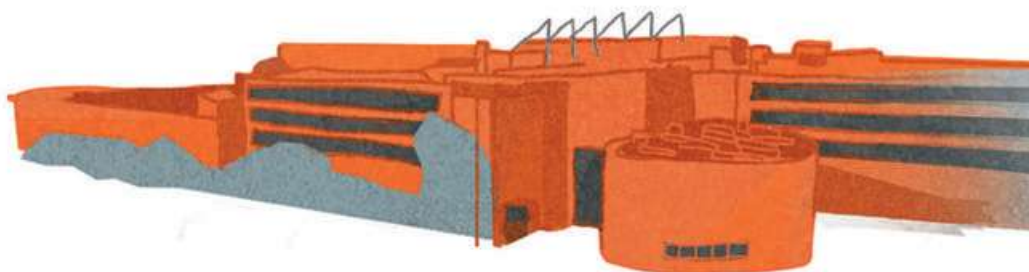
Die letzten Jahrzehnte waren durch die Globalisierung der Märkte geprägt. Kommt es jetzt im Zeichen von Resilienz-Maßnahmen zu einer Umkehr dieses Trends?

Zu einer völligen Umkehr sicher nicht, die Industrie wird sich auch weiterhin global orientieren. Aber in Teilbereichen, bei manchen Lieferketten beispielsweise, wird es eine Regionalisierung geben. Möglicherweise werden wir künftig auch verstärkt an Ort und Stelle

produzieren, also in den Märkten, für die die Produkte auch bestimmt sind. Im Sinne der Nachhaltigkeit, die für unternehmerisches Handeln ja immer wichtiger wird, ist das durchaus von Vorteil.

Was ist aus Ihrer Sicht die wichtigste Lehre, die die Industrie aus der Pandemie ziehen sollte?

Dass das Thema Risikobewertung in Zukunft nicht wieder von kurzfristigem Kostendenken zurückgedrängt werden darf, damit das Bewusstsein für die Bedeutung wandlungsfähiger Strukturen und agiler Prozesse erhalten bleibt. Diese Aspekte sollten in der Strategie eines Unternehmens fest verankert sein!



Fühlende Werkzeugmaschinen: Neue Konzepte steigern die Widerstandskraft

Interview mit Professor Berend Denkena,
Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen
und Vorstandssprecher des PZH

Interview: Wolfgang Krischke

Fotos: IFW (1), Nico Niemeyer (1)

Herr Professor Denkena, seit Ausbruch der Coronakrise ist Resilienz zu einem öffentlich diskutierten Thema geworden. Seit wann spielt es im Maschinenbau und in der produktionstechnischen Industrie eine Rolle?

Im technischen Bereich hat der Begriff seit dem Reaktorunfall von Fukushima zunehmend an Gewicht gewonnen. Die damit bezeichnete Sache, also Robustheit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen, hat in der Geschichte der Industrie aber schon immer eine Rolle gespielt. Die verstärkte sich, als immer mehr Prozesse automatisiert wurden und es darum ging, Unterbrechungen dieser Abläufe und damit Maschinenstillstand und Produktionsausfälle zu vermeiden. Vieles, was wir heute diskutieren, war in den Grundzügen schon in den fünfziger Jahren akut, als die Steuerungstechnik ausgefallen wurde, womit auch die Störanfälligkeit der damit koordinierten Abläufe wuchs. Die Erforschung der Zuver-

lässigkeit technischer Systeme ist deshalb seit langem schon ein großes Thema.

In welchen Bereichen wird mit Blick auf die Pandemie eine erhöhte Resilienz besonders wichtig?

Für den Maschinenbau steht neben der Gefahr, dass grenzüberschreitende Lieferketten reißen können, die Frage im Zentrum, wie sich die Abwicklung von Maschinen-Exporten gegen Störungen schützen lässt. Wenn komplexe Anlagen ins Ausland geliefert werden, war es bisher häufig so, dass deutsche Fachleute mitreisten, um die Maschinen dort in Betrieb zu nehmen. Teilweise wurden sie auch für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten eingeflogen. Jetzt hat es Fälle gegeben, dass aus Deutschland einreisende Techniker in China erst einmal zwei Wochen in Quarantäne verbringen mussten, und zwar in Containern unter unzumutbaren Bedingungen. Um so etwas künftig zu vermeiden, wollen die Unternehmen verstärkt einheimische Kräfte in den Zielländern so

schulen und unterstützen, dass diese die Inbetriebnahmen und Wartungen vornehmen können. Dafür muss man in die digitale Weiterbildung dieser Mitarbeiter und die Entwicklung entsprechender Formate investieren. Das Spektrum umfasst neben Videokonferenzen zum Beispiel auch Tutorials und Lern-Nuggets, das sind kurze, flexibel einsetzbare Lerneinheiten für mobile Endgeräte.

Hat die Digitalisierung innerhalb Deutschlands eine ähnliche Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der produktionstechnischen Industrie?

Ja, sicher. Das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen ist seit einigen Jahren aktiv in der Weiterbildung für den Mittelstand und auch wir haben nun unsere Angebote in großem Maß von Präsenz- auf Onlineformate umgestellt. Das funktioniert recht gut, so wie generell die digitale Kommunikation mit Partnern aus der Wissenschaft und der Industrie.



Unten: Professor Berend Denkena ist Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen und Vorstandssprecher des PZH.

Links: Die menschliche Fähigkeit, über das Nervensystem Wirkungen zu spüren und zu reagieren, wird durch Sensoren und intelligente Algorithmen auf die Maschine übertragen.



Das gilt auch zum Beispiel für virtuelle Kick-off-Treffen, die meiner Erfahrung nach sehr effizient und ergebnisorientiert verlaufen. Die zwischenmenschlichen Kontakte bleiben bei der Online-Kommunikation allerdings etwas auf der Strecke.

Ist die Digitalisierung nicht ein zweischneidiges Schwert? Je mehr Abläufe die Unternehmen digitalisieren, desto verwundbarer werden sie auch – nicht nur in der Kommunikation, sondern auch in der Produktion.

Deshalb erforschen wir intensiv, wie automatisierte Systeme auch automatisch auf Störungen reagieren, also selbst wieder hochfahren oder sich selbst korrigieren oder reparieren können. Erste Schritte in diese Richtung erproben wir zum Beispiel bei dünnen Fräswerkzeugen, die sich verformen, wodurch Abweichungen von der Sollkontur entstehen. Da verfolgen wir die Idee der „führenden Werkzeugmaschine“: Die menschliche Fähigkeit, über

das Nervensystem Wirkungen zu spüren und zu reagieren, wird durch Sensoren und intelligente Algorithmen auf die Maschine übertragen. Dadurch wird sie in die Lage versetzt, Abweichungen auszugleichen, die durch Verformungen oder Verschleiß des Werkzeugs oder auch durch Verformungen des Werkstücks entstehen. Ein weiterer Aspekt ist natürlich die Datensicherheit. Digitalisierte Abläufe sind von außen angreifbar und ich bin davon überzeugt, dass die allermeisten Unternehmer hierüber gut informiert sind und entsprechende Vorkehrungen treffen bzw. regelmäßige Aktualisierungen ihrer Sicherheitstechnik vornehmen.

Welche Rolle spielt bei all dem die Künstliche Intelligenz?

KI ist eine Möglichkeit, intelligente Steuerungstechnik umzusetzen. Wenn man Datenmengen hat, die groß genug sind, kann man Systeme mit Hilfe neuronaler Netze und maschinellen Lernens oder anderer KI-Methoden so trainieren,

dass sie die gewünschten Aktionen ausführen.

Woher kommen die Daten?

Bei Produktionsmaschinen aus den Antrieben oder von Sensoren. Im Moment arbeiten wir daran, auf dieser Basis Überwachungssysteme für Maschinen oder ganze Prozesse automatisiert so zu trainieren, dass sie zunächst einmal Fehlerzustände als solche sicher identifizieren. Später werden die Daten genutzt werden, um autonome Entscheidungen der Produktionsmaschinen abzuleiten. KI-Ansätze wurden in den 90er Jahren im Maschinenbau schon einmal intensiv verfolgt, erfüllten damals aber noch nicht die in sie gesetzten Erwartungen. Jetzt ist die Situation eine andere: Die Hardware ist viel leistungsfähiger als vor dreißig Jahren und kann sehr große Datenmengen schnell verarbeiten. KI ist heute ein wichtiger Baustein, wenn es um die Steigerung der Resilienz geht.

Kunststoff - Kreislaufwirtschaft als Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit

Die Corona-Pandemie macht die Licht- und Schattenseiten des Kunststoffs besonders sichtbar. Wie dessen Produktion und Verwendung durch intelligentes Recycling und biologisch abbaubare Materialien ökologisch nachhaltig werden kann, erforscht man am IKK

Text: Wolfgang Krischke

Fotos: IKK (2)

Kunststoffe sind wertvolle Werkstoffe. Das zeigt sich in der Corona-Krise besonders deutlich: Ob Masken, Visiere oder Handschuhe, Schutzanzüge, Spritzen oder Teströhrchen – die wichtigsten Waffen im Kampf gegen die Pandemie sind aus Kunststoff. Dasselbe gilt für eine Vielzahl von Laborgeräten, die unentbehrlich sind für die Entwicklung von Impfstoffen und Covid-Medikamenten. Kunststoffe sind aus der modernen Medizin und auch dem täglichen Leben nicht wegzudenken, nicht nur wenn es um Covid-19 geht. Doch die Pandemie lässt auch die Schattenseiten dieses Materials deutlich hervortreten: Durch die Massen an medizinischem Plastikmüll, die Corona verursacht, ebenso wie durch den im Lockdown gestiegenen Kauf von verpackten Produkten wachsen die ohnehin schon hohen Berge an Kunststoffabfall noch stärker.

„Vor siebzig Jahren wurden weltweit etwa zwei Millionen Tonnen Kunststoff pro Jahr produziert. Mittlerweise sind es fast 400 Millionen Tonnen. Die daraus resultierenden Abfallmengen sind eine beträchtliche Belastung für die Umwelt, insbesondere die Ozeane“, sagt Professor Hans-Josef Endres, Leiter des Instituts für Kunststoff- und Kreislauftechnik (IKK) im PZH. Wie lässt sich dieser Trend stoppen und die Kunststoffproduktion in eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft umwandeln? Das ist die übergeordnete Frage, der Professor Endres und sein Team sich widmen. Zentrale Forschungsfelder sind die Zusammenhänge zwischen der Materialstruktur der Kunststoffe und ihren technischen Verarbeitungs-, Gebrauchs- und Wiederverwertungseigenschaften, die Entwicklung intelligenter Recyclingprozesse und hochwertiger Rezyklate sowie die zugehörige Nachhaltigkeitsbewertung, bei der die ökologischen Auswirkungen verschiedenartigen Kunststoffe und ihre Herstellungs- und Recyclingprozesse analysiert werden.

Ein Schlüsselement für eine nachhaltigere Kunststoffindustrie ist die Abkehr von einer linearen Wirtschaft mit vielfach nur

kurzzeitig genutzten, in der Umwelt persistenten Kunststoffen. Das Recycling, spielt jedoch in der Branche nur eine untergeordnete Rolle, auch wenn der gelbe Sack eine andere Wahrnehmung erzeugt. Selbst hier liegt die Recyclingquote der erfassten Verpackungsabfälle in Deutschland nur im Bereich von 30%. Von den über acht Milliarden Tonnen an Polymer-Kunstharzen, synthetischen Fasern und Zusatzstoffen, die zwischen 1950 und 2015 weltweit produziert wurden, sind nur etwas über sieben Prozent recycelt worden. Bei etwa der Hälfte dieser gesamten Produktionsmenge ist sogar nicht einmal klar, wo sie genau verblieben ist. Eine besondere Herausforderung für die Wiederverwertung stellen die zahlreichen Zusätze in Kunststoffprodukten dar: Farbstoffe, Weichmacher oder Stabilisatoren beeinflussen neben den Polymeren – den chemischen Bausteinen der Kunststoffe – die Rezyklierbarkeit beträchtlich. Hinzu kommen gezielte Verstärkungen der Kunststoffe mit Glas- oder Carbonfasern oder auch die Kombination verschiedener Polymerwerkstoffe z.B. für maßgeschneiderte Barriereigenschaften von Folien. „In der Vergangenheit haben die Hersteller die Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften des Kunststoffs immer weiter verbessert und ihn zu einem hervorragenden und vielseitigen Werkstoff gemacht. Aber sie haben linear gedacht und nicht in Stoffkreisläufen. Doch genau darin liegt die Zukunft: Damit Kunststoff sein Potential als zukunftsfähiger Werkstoff unterstreichen kann, muss seine Wiederverwertbarkeit schon in die Entwicklung des Materials und in das Design der Produkte mit einbezogen werden“, so Hans-Josef Endres.

Ein weiterer Ansatz zur Reduzierung der Umweltbelastungen durch Kunststoffe sind biologisch abbaubare Polymerwerkstoffe. Dringenden Forschungsbedarf erzeugt hier vor allem die Verschmutzung der Meere: Jährlich gelangen etwa zehn Millionen Tonnen Abfälle in die Ozeane, von denen 70 Prozent Kunststoffe sind. Die meisten bauen sich im Meerwas-



Den Weg hin zu nachhaltigen Kreisläufen in der Kunststoffindustrie müssen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gemeinsam gehen

ser kaum oder gar nicht ab und rufen erhebliche ökologische Probleme hervor. In einem Verbundprojekt, das vom IKK koordiniert wird, forschen die Wissenschaftler an neuartigen Kunststoffen, die biobasiert und unter den verschiedenen aquatischen Bedingungen biologisch abbaubar sind, ohne dass ihre Gebrauchseigenschaften darunter leiden. Um die Zersetzungsprozesse der Kunststoffe zu analysieren, werden im IKK die unterschiedlichen Süß- und Salzwasserumgebungen in speziellen Aquarien nachgebildet. Damit verbunden ist die Entwicklung spezieller Prüfverfahren, die den vollständigen Abbau zuverlässig nachweisen und zugleich die entstehenden Abbauprodukte ökologisch bewerten.

Den Weg hin zu nachhaltigen Kreisläufen in der Kunststoffindustrie müssen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gemeinsam gehen, meint Hans-Josef Endres: „Wiederverwertung und Abbaubarkeit dort wo ein technischer Kreislauf nicht möglich ist, sind entscheidende Strategien für eine zukunftsorientierte Kunststoffindustrie.“



Seit 12 Jahren robust und verlässlich:

Das PZH-Magazin



Unsere Magazine finden Sie zum Download unter www.pzh.uni-hannover.de/pzh-publikationen
Restexemplare auf Anfrage: info@tewiss.uni-hannover.de

Das Studium und die Pandemie: Lehren und Lernen im Ausnahmezustand

Leerer Campus, verwaiste Hörsäle: Präsenzveranstaltungen sind gestrichen, die Lehre muss digital stattfinden. Professor Hans Jürgen Maier, Leiter des Instituts für Werkstoffkunde und sein Stellvertreter Dr. Florian Nürnberger geben einen Einblick in die Herausforderungen des Unterrichtens auf Distanz.

Interviews: Wolfgang Krischke

Fotos: IW (9), G. Rust (1)

Was hat die Umstellung auf die Online-Lehre für Sie als Lehrende bedeutet?

Hans Jürgen Maier: In den Präsenzveranstaltungen sieht man sein Publikum vor sich, man erkennt, ob das, was man vermitteln will, angekommen ist und kann entsprechend reagieren. Dieses Feedback fehlt in den digitalen Vorlesungen. Hinzu kommt, dass die Studierenden in der Präsenzvorlesung Fragen stellen können. Bei einer synchronen Online-Vorlesung, bei der alle live dabei sind, ginge das zwar theoretisch auch, aber aus technischen Gründen funktionieren solche großen Online-Veranstaltungen nicht, wenn zu viele davon parallel stattfinden. Das heißt, wir mussten die Vorlesungen als Video produzieren und zum Download bereitstellen.

Florian Nürnberger: Die technischen Möglichkeiten für solche Aufzeichnungen sind hier im PZH sehr gut, aber der Versuch, den Text auch ohne direktes Gegenüber möglichst lebendig zu sprechen und nicht trocken herunterzulesen, macht viel Arbeit. Wir sind ja keine ausgebildeten Tagesschauspieler, da dauert es, bis das „im Kasten“ ist.

Hans Jürgen Maier: Im Wintersemester haben wir deshalb eine Hybridvorlesung angeboten, bei der zwanzig Personen physisch anwesend waren, während die anderen der Veranstaltung am Bildschirm folgten. Die zwanzig Präsenzteilnehmer-



den wechselten per Rotation. Aber irgendwann war auch das leider nicht mehr erlaubt.

Was hatten Sie sich von dem Hybridformat versprochen?

Hans Jürgen Maier: Das war eine Veranstaltung für Erstsemester und uns war wichtig, dass diese zum Start in das Studium einen direkten Kontakt zu den Lehrenden bekommen und sich auch untereinander physisch begegnen und kennenlernen. Zudem ist es als Dozent einfacher, nicht zu einer leeren Wand zu sprechen.

Was bedeutet es, keinen direkten Kontakt zu den Studierenden mehr zu haben?

Hans Jürgen Maier: Ich halte gern Vorlesungen, aber ohne Resonanz fehlt eine Komponente, die wichtig ist, damit es beiden Seiten Spaß macht. Wenn die Veranstaltung synchron stattfindet, so dass die Studierenden per Chat Fragen stellen können, gibt es ja noch eine gewisse Rückkopplung, aber reine Videovorlesungen sind für mich aus didaktischer Sicht auf Dauer keine Option.

Florian Nürnberger: Wir nehmen in die Vorlesungen auch immer etwas mit zum Anfassen, eine Turbinenschaufel zum Beispiel. Diese Elemente fallen jetzt natürlich alle weg. Und ein Foto ist kein echter Ersatz für etwas, das man in den eigenen Händen hält.

Hans Jürgen Maier: Wir haben auch frü-

her schon mit Videos gearbeitet und verstärken das jetzt. Aber wenn man nach der Vorlesung direkt ins Versuchsfeld gehen kann, nehmen die Studierenden viel mehr mit, das lässt sich per Video nicht vermitteln.

Florian Nürnberger: Für die Studierenden ist auch die Vernetzung untereinander wichtig. In der klassischen Vorlesung können sie sich absprechen, sich in Lerngruppen zusammenfinden und austauschen. Das bereichert persönlich und hilft bei den Klausurvorbereitungen. All das fehlt jetzt, jeder sitzt allein zu Hause.

Aber sie könnten ja virtuelle Kleingruppen bilden.

Florian Nürnberger: Ja, aber vor allem für Erstsemester, die noch wenige Kontakte zu Kommilitonen haben, ist es schwierig, das zu organisieren.

Wie organisieren Sie die praktischen Anteile des Studiums?

Florian Nürnberger: Wir führen nach wie vor die Werkstoffkundelabore in Präsenz durch, in denen die Studierenden schweißen, Versuche durchführen oder Messungen vornehmen können.

Hans Jürgen Maier: Wir mussten die Gruppen allerdings verkleinern und die Zahl der Versuche reduzieren, um allen die Möglichkeit zu geben an den Laboren teilzunehmen. Entscheidend war, dass wir so den für die Lehre wichtigen Laborbetrieb aufrecht erhalten konnten.

Hat es durch die Online-Lehre Veränderungen im Lernen gegeben?

Hans Jürgen Maier: Der Blick auf die Klausur-Ergebnisse ist interessant: Der Schwierigkeitsgrad unserer Klausuren ist derselbe wie vor Corona und die Ergebnisse sind bei uns wie auch bei den Kollegen im Mittel unverändert. Aber die Verteilung der Noten hat sich geändert. Es gibt Studierende, die können sich gut selbst motivieren, die Lehrveranstaltungen auch zeitversetzt anzusehen und durcharbeiten. Aber es gibt andere, die damit weniger gut zurechtkommen. Manche lassen alles bis kurz vor der Klausur auflaufen und schaffen dann die Durchsicht der vielen Videostunden nicht mehr. Diese Unterschiede im Lernverhalten führen zu Verschiebungen bei der Notenver-



*Professor Hans Jürgen Maier,
Leiter des Instituts
für Werkstoffkunde
und sein Stellvertreter
Dr. Florian Nürnberger
im Online-Interview.
Fotos: IW*

teilung entsprechend den verschiedenen Lerntypen.

Wenn Sie auf die vergangenen zwei Online-Semester zurückblicken, wie fällt Ihre Bilanz aus?

Hans Jürgen Maier: Wir haben es trotz der großen Schwierigkeiten geschafft, ein halbwegs normales Lehrangebot auf die Beine zu stellen – mit ganz viel Einsatz nicht nur von denen, die vorne am Pult stehen, sondern auch von denen, die im Hintergrund tätig sind. Das war eine positive Erfahrung und es hat mich gefreut, dass die Studierenden das wertschätzen. Rückblickend finde ich es auch gut, dass wir gezwungen waren, uns verstärkt mit den digitalen Medien zu beschäftigen. Jetzt wissen wir, welches Potential sie haben und welche Elemente man davon auch nach der Pandemie nutzen kann.

Woran denken Sie da?

Hans Jürgen Maier: Aufgezeichnete Vorlesungen haben natürlich den Vorteil, dass die Hörer wiederholen können, was sie nicht verstanden haben. Ich möchte aber – Stichwort: Feedback – verhindern, dass sie sich dann nur noch die Aufzeichnungen ansehen. Hier suchen wir noch nach geeigneten Lösungen. Ein anderer Punkt: Es gibt immer Personen, die Angst haben, in einer großen Gruppe eine vermeintlich dumme Frage zu stellen. Vielleicht hilft es diesen Studierenden, wenn sie nach der Vorlesung ihre Fragen online über die Chatfunktion stellen können. Ich möchte die Fragen nämlich gerne beantworten, denn in Wirklichkeit gibt es keine dummen Fragen.

Florian Nürnberger: Wir sollten das Beste aus beiden Welten mitnehmen. Vielleicht kann man Video-Aufzeichnungen für Themen nutzen, die besondere Schwierigkeiten bereiten. Eine offene Frage ist noch, in welchem Maße und in welcher Form es in Zukunft digitale Prüfungen geben wird. Da sind wir jetzt gerade in der Findungsphase. Am wichtigsten ist aber, dass die Studierenden bald wieder die Chance haben, hierher zu kommen und den direkten Kontakt zueinander und zu den Dozenten wieder aufzunehmen. Das fehlt ihnen und uns.

Gerrit Rust studiert im dritten Master-Semester Metalltechnik und Politik für das Lehramt an berufsbildenden Schulen. Das geplante Thema seiner Masterarbeit ist hochaktuell: Es geht um einen Unterrichtsversuch im digitalen Format und unter Distanzbedingungen. Im Interview erzählt Gerrit Rust von seinen Erfahrungen mit der universitären Online-Lehre.

Spielten digitale Lehrformate in Ihrem Studium schon vor der Corona-Pandemie eine Rolle?

Es gab einzelne Lehrveranstaltungen, die in Präsenz aufgezeichnet wurden, damit man sie sich später noch mal ansehen kann. Aber das war nur ein zusätzliches Angebot, ansonsten fand alles in Präsenz statt.

Wie lief das Online-Studium bis jetzt ab?

In meinem Studium spielen unterschiedliche Lehrformate eine Rolle: Im Maschinenbau-Bereich sind es vor allem Vorlesungen, in Pädagogik und Didaktik vorwiegend Seminare. Alle Lehrveranstaltungen fanden digital statt, teilweise synchron – da waren dann alle gleichzeitig online – oder asynchron, da hat man sich die Aufzeichnung zu einem selbst gewählten Zeitpunkt angesehen. Das hat Vorteile: Während meines ganzen Studiums gab es immer wieder Veranstaltungen, die sich überschneiden. Das Problem gab es jetzt in den Digitalsemestern nicht mehr.

Mussten Sie in den vergangenen Monaten Praktika machen?

Von meinen beiden Praktika, die anstanden, habe ich eins im Sommer gemacht, als die Regeln zeitweise gelockert waren. Das andere fiel aus, dafür konnte ich eine Ersatzleistung in Form einer Hausaufgabe

erbringen. Auch ansonsten waren die Dozenten größtenteils sehr kooperativ und flexibel, wenn es um Studienleistungen ging, die unter Corona-Bedingungen in der eigentlich vorgeschriebenen Weise schwierig zu erbringen waren. Das fand ich sehr fair, denn auf diese Weise gab es keine Verzögerungen und ich kann mein Studium voraussichtlich in der Regelstudienzeit abschließen.

Haben Sie auch Online-Klausuren geschrieben?

Nur eine, auf einer Lehr-Lern-Plattform. Bei solchen Online-Klausuren kann man Hilfsmittel benutzen, was ich in Ordnung finde, wenn die Aufgabenstellung dazu passt, also wenn es sich zum Beispiel um

agogik sehr heterogen und wechselten von Veranstaltung zu Veranstaltung. Dementsprechend intransparent war es für die Studierenden. Eine gewisse Absprache zwischen den Lehrenden wäre nicht schlecht gewesen.

Was bedeutet es für Sie, dass Sie keinen direkten Kontakt zu Kommilitonen und Dozenten haben?

Die sozialen Kontakte fehlen sehr, man sitzt den ganzen Tag zu Hause allein vor dem Rechner. Was ich auch vermisste, sind die Lerngruppen, in denen wir uns getroffen haben, um Übungen durchzunehmen und uns wechselseitig Tipps zu geben. Die letzten Lerngruppen hatte ich im Sommer in der Phase zwischen den

Lockdowns.

Gibt es virtuelle Gruppen?

Virtuell haben wir uns nur getroffen, wenn Gruppenarbeiten anstanden, aber virtuelle Lerngruppen gibt es zumindest in meinem Bekanntenkreis aktuell nicht.

Wie ist es bei Lehrveranstaltungen, fehlt Ihnen da die physische Präsenz?

Wenn die digitalen Lehrveranstaltungen

synchron stattfinden, kann man sich genauso gut einbringen wie in Präsenz. Aber auch hier fehlt, dass man mal rauskommt.

Wenn Sie an die Zeit nach Corona denken, welche Art von Lehre wünschen Sie sich?

Ich glaube, man sollte Elemente aus der Präsenz- und aus der Online-Lehre kombinieren. Große Veranstaltungen mit sehr vollen Hörsälen sollten auch online durchgeführt werden, so dass man sie sich, wenn man will, zuhause ansehen kann. Das hat auch den Vorteil, dass man das Video stoppen und wiederholen kann, wenn man etwas nicht verstanden hat. Aber vor allem Seminare wünsche ich mir wieder in Präsenz. Ich hoffe, eine gesunde Mischform wird sich durchsetzen.



Transferaufgaben handelt. Da geht es um eigenständige Problemlösungen und nicht um reines Faktenwissen, das man unbeobachtet googeln kann. Ich denke Online-Klausuren in dieser Form könnte man auch in der Zeit nach der Pandemie beibehalten.

Haben sich die Dozenten didaktisch auf das digitale Format eingestellt oder haben sie die Präsenzveranstaltungen eins zu eins ins Netz übertragen?

Das war sehr unterschiedlich, einige Veranstaltungen waren auf die Onlinelehre ausgelegt: Da sollten die Teilnehmer zum Beispiel Powerpoint-Präsentationen mit Tonspur erstellen, damit die anderen sich das am Bildschirm ansehen und anhören können. Insgesamt waren aber die Lehrformate insbesondere in der Päd-

Team schlägt Einzelkämpfer

Skalierbare Produktion: Am Institut für Montagetechnik (match) erforscht man, wie das Zusammenspiel mobiler Roboter die Flexibilität steigert und Ressourcen spart

Text: Wolfgang Krischke

Illustrationen: match (5)

Theoretisch sind Industrieroboter universell einsetzbar, egal ob es um die Montage von Autos, Windkraftanlagen oder Lokomotiven geht. Doch die Praxis sieht anders aus: Meistens wird ein Roboter nur für eine ganz bestimmte Aufgaben angeschafft und ist dann auch nur dafür ausgelegt. Soll der Roboter beispielsweise Abschnitte eines Flugzeugs montieren, sind Traglast, Reichweite und sein Greifer genau darauf abgestimmt. Für die Montage eines größeren Flugzeugs ist er dann jedoch zu klein. Die Folge: Ein neuer Roboter muss her, während der alte womöglich ungenutzt „in der Ecke“ steht. Auf diese Weise fallen nicht nur hohe Kosten an, es werden auch Platz, Energie und Rohstoffe vergeudet.

Wissenschaftler des Instituts für Montagetechnik (match) arbeiten jetzt an einer Alternative. Der Grundgedanke: Das Team ersetzt die Einzelkämpfer. Statt für jede neu anfallende Aufgabe einen neuen, individuell konzipierten Roboter in Betrieb zu nehmen, kommt eine „Mannschaft“ von kleinen und mobilen Robotern zum Einsatz, die zwar keine Spezia-

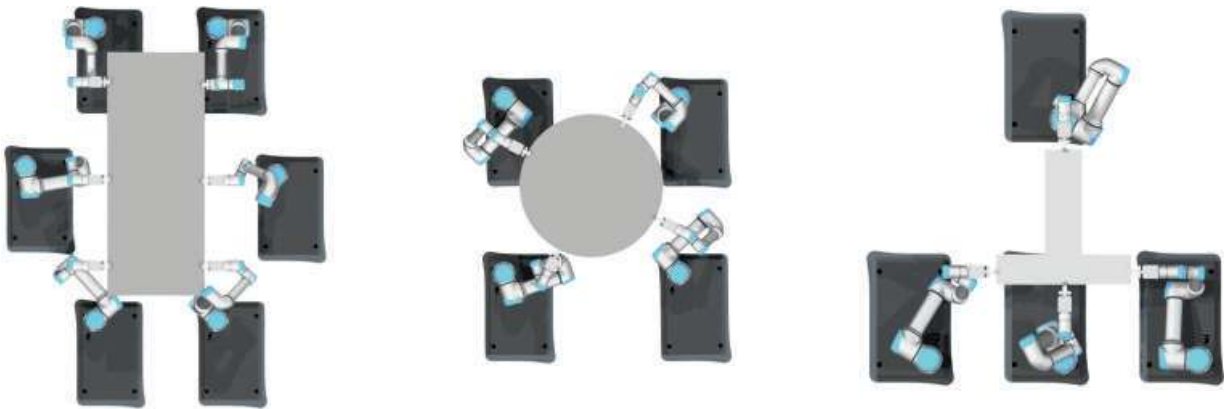
listen sind, aber im Zusammenspiel die unterschiedlichsten Aufgaben meistern können. Die kürzlich begonnenen Forschungsarbeiten am match werden vom nächsten Jahr an ins gerade entstehende Forschungsgebäude SCALE umsiedeln. Dort werden sich Wissenschaftlergruppen mehrerer Institute der Entwicklung „skalierbarer Produktionssysteme“ widmen. Dabei geht es darum, durch die Koppelung kleiner modularer Anlagen und Maschinen je nach Bedarf Bauteile unterschiedlichster Form und Größe zu produzieren und zusammenzusetzen.

Mobile Roboter, wie sie das match für seine Versuche verwendet, bestehen aus einem Roboterarm auf einer beweglichen

Basis. In der Industrie werden solche Roboter verwendet, um Arbeitsstationen mit Bauteilen zu beliefern oder fertige Baugruppen abzuholen. Neuerdings kommen sie auch in der Mensch-Roboter-Kollaboration zum Einsatz, wo sie den menschlichen Arbeitskräften bei deren Aufgaben assistieren.

Schon der einzelne mobile Roboter kann durch Veränderungen des Greifarms unter-





schiedlichen Aufgaben angepasst werden. Die besondere Stärke dieser Roboter liegt aber in ihrer flexiblen Zusammenarbeit. Während kleine Bauteile weiterhin durch einzelne Roboter montiert werden, schließen sie sich für größere Bauteile, ähnlich einem Ameisenvolk, zusammen. Dazu greifen sie das Objekt an mehreren Positionen und verteilen so die Last auf alle. Da sie mobil sind, können die Roboter um das Bauteil herumfahren und so die bestmögliche Anordnung zum Handhaben und Montieren finden. Indem sie ihre Positionen zueinander ändern, stellen sie sich auf die wechselnden Formen und Abmessungen der Bauteile ein. Dadurch müssen auch die Greifer nicht mehr wie bei den Individualrobotern an jedes neue Werkstück angepasst werden. Die Eigenschaften des Roboterverbundes lassen sich also durch Änderung der Anordnung, der Mitgliederzahl und der Zusammensetzung variabel auf jede Aufgabe ausrichten. Die Grenze dieser „Skalierbarkeit“ wird erst dann erreicht, wenn zu große Hinder-

nisse oder Engstellen die Bewegungsfreiheit der Roboterformationen hemmen.

Auch der Mensch spielt eine wichtige Rolle, wenn es um die Skalierung von Handhabungs- und Montageaufgaben geht. Spezielle Technologien für die Mensch-Roboter-Kollaboration ermöglichen eine reibungslose Interaktion auch in Umgebungen, die nicht für Roboter, sondern für Menschen eingerichtet sind. Das ist gerade bei der Montage von Großbauteilen wichtig. Denn dabei handelt es sich oft um Unikate oder Kleinserien, die nicht gezielt für eine automatisierte Montage entwickelt wurden. Deshalb muss hier die Präzision des Roboters mit der Intuition des Menschen harmo-

nieren. Dieser menschliche Faktor wird schon in die Konzipierung des Robotersystems einbezogen. Eine Kombination aus Kameras und laserbasierten Sensoren registriert die Positionen aller Menschen im Umfeld und lenkt die Roboter gezielt an ihnen vorbei. Ein zusätzliches Vorteil eines solchen Teams aus kleinen Robotern: Sie sind schwächer als die größeren Individualroboter und dadurch ungefährlicher.



Reihe oben: Mögliche Aufstellungen, abhängig von der Bauteilgeometrie, unten: Konkrete Anwendungsfälle
Windradmontage (links) und Flugzeugsegment (oben).

Mit starkem Rückgrat durch die Krise

Was bedeutet die Pandemie für die produktionstechnische Industrie? Die Fabrikplaner der GREAN GmbH erkunden, wie man in den Betrieben auf die Krise reagiert und welche Themen den Unternehmern auf den Nägeln brennen.

Text: Wolfgang Krischke

Illustration: Sylwia Kubus

An den Tag im März 2020, als der Lockdown begann, erinnert sich Tobias Heinen noch gut. Es war Freitag, der 13. Der promovierte Ingenieur und Geschäftsführer der GREAN GmbH schaltete sofort in den Krisenmodus, denn für seine Kunden ging es jetzt um die Sicherung ihrer wirtschaftlichen Zukunft: GREAN – eine Ausgründung aus dem Institut für Fabrikanlagen und Logistik – berät produktionstechnische Unternehmen bei der Fabrikplanung und Prozessoptimierung. Die laufenden Beratungsprojekte stellten Tobias Heinen und seine Ko-Geschäftsführer Tim Busse und Serjosha Wulf jetzt erst einmal zurück.

Stattdessen organisierten und moderierten sie digitale Gesprächsrunden, in denen von der Krise betroffene Unternehmer sich austauschten und gegenseitig unterstützten. Dabei ging es zunächst einmal um die drängendsten praktischen Fragen: Woher bekommt man auf die Schnelle genug Schutzmasken für die Belegschaft? Wie organisiert man die Schichtübergabe, ohne gegen die Corona-Regeln zu verstoßen? Für die meisten Unternehmen war die neue Situation zunächst einmal ein Schock, wenn auch kein totaler, wie sich Tobias Heinen erinnert: „Viele rechneten schon länger damit, dass der jahrelange wirtschaftliche Höhenflug nicht mehr lange

dauern würde und es eine Rezession geben könnte. Aber eine Pandemie, die Lieferketten und Absatzmärkte gefährdet und die eigenen Produktionsabläufe in Frage stellt – so etwas hatte natürlich niemand vorhergesehen.“

Bei GREAN ergriff man die Chance, „live“ beobachten zu können, wie die Unternehmen durch die Krise kommen



und zu ermitteln, welche Themen für die wirtschaftliche Sicherung der Fabriken zentral sind. Um ein Stimmungsbild zu erhalten, führten die Ingenieure im vergangenen Jahr zwei Studien durch: eine im Sommer und eine zweite zum Winterbeginn. Sie befragten telefonisch

oder per Internet jeweils knapp 90 Unternehmen mit Mitarbeiterzahlen zwischen 250 und 1.000. Vertreten waren vor allem die Branchen Metall- und Kunststoffverarbeitung, Maschinen- und Anlagenbau sowie Medizintechnik. Es zeigte sich, dass die Unternehmen sich nach einer anfänglichen „Schockstarre“ schnell auf die neue Situation eingestellt hatten. „Mich hat die Dynamik beeindruckt, mit der Veränderungsprozesse angepackt wurden“, sagt Tobias Heinen. Schon im Sommer war der Umgang mit der Ausnahmesituation in vielen Fabriken „das neue Normal“ geworden. Zentrales Ergebnis der GREAN-Studien ist, dass die Krise den grundlegenden Produktionsstrukturen bisher nichts anhaben konnte. Zu Auslagerungen der Herstellung in andere Standorte ist es kaum gekommen. Die Fertigungstiefe in den Betrieben bleibt hoch. Insolvenzen gab es unter den befragten Unternehmen bis zum Ende des Jahres nicht. „Die für den Industriestandort Deutschland klassischen Branchen haben sich als widerstandsfähig erwiesen mit einer im Kern starken Infrastruktur. Viele Unternehmer schmieden inzwischen schon wieder Zukunftspläne“, resümiert Tobias Heinen.

Das heißt allerdings nicht, dass alles beim Alten geblieben ist. Viele Unter-



*Tobias Heinen ist Geschäftsführer und einer von drei CEO der GREAN GmbH.
Foto: GREAN*

nehmen haben Maßnahmen ergriffen, um die Krisenanfälligkeit zu verringern und die Resilienz zu erhöhen. Das zeigt sich vor allem in der Lagerhaltung: Man legt wieder größere Bestände an, um sich gegen Ausfälle abzusichern und nimmt die höheren Kosten dafür in Kauf. Die große Zeit der Just-in-time-Produktion, bei der die Lkw als „rollende Lager“ dienen, scheint vorerst vorbei zu sein. Die Pandemie hat gezeigt, wie verwundbar eine weiträumig verteilte Lieferkette ist, wenn sie auch nur an einer Stelle zu reißen droht. Möglicherweise wird die Corona-Krise längerfristig zu einem gewissen Rückbau der Globalisierung und zu einer „Re-Regionalisierung“ der Produktion und der Lieferketten führen, meint Tobias Heinen.

Einen großen Schub hat auch das Thema Digitalisierung erhalten. Zu Beginn der Krise lösten mangelnde Informationen über die Situation bei Zulieferern und Abnehmern bei etlichen Unterneh-

mern Unsicherheit aus, manchmal begleitet von hektischen Reaktionen. Hamsterbestellungen brachten manche Lieferkette zum Erliegen. Transparenz durch vernetzte Datenströme soll künftig die Planungssicherheit in solchen kritischen Situationen erhöhen. Auch die Digitalisierung der Produktion, die zuvor in erster Linie in Großun-



ternehmen stattgefunden hatte, wird jetzt verstärkt von mittelständischen Betrieben in Angriff genommen.

Ein Thema, dem die Unternehmer in der zweiten Befragung noch mehr Wichtigkeit als der Digitalisierung zumessen, ist die Steigerung der Effizienz. Angesichts der unklaren wirtschaftli-

chen Situation müssen Prozesse optimiert und Kosten gesenkt werden. Einen Ausbau der Kapazitäten haben die meisten Unternehmer hingegen erst einmal zurückgestellt – es geht um die Konsolidierung des Bestehenden.

Auf der Prioritätenliste nach unten gerutscht sind indessen ökologische Themen wie Ressourcenschonung und klimaneutrale Produktionsweisen, denen vor Ausbruch der Krise deutlich mehr Aufmerksamkeit geschenkt worden war. Sie gelten momentan als „Luxusprobleme“, um die man sich kümmern kann, wenn die vordringlichen Hausaufgaben gemacht sind.

Doch das wird sich wieder ändern, davon ist Tobias Heinen überzeugt: „Viele junge Arbeitnehmer und Studierende, die demnächst in den Beruf gehen, möchten in einem Unternehmen arbeiten, dem Umweltverträglichkeit wichtig ist. Deshalb werden diese Themen bald wieder ein Comeback erleben.“

Kollege Cobot im Praxistest

In einem Technik-Transferprojekt demonstriert die TEWISS GmbH anhand von Anwendungsbeispielen, was Leichtbauroboter in mittelständischen Betrieben leisten können.

Text: Wolfgang Krischke

Fotos: Nico Niemeyer



Präzise fährt der Roboterarm die komplexen Kantenverläufe eines Koffereinsatzes aus Schaumstoff ab. Mit einer stabförmigen Druckluftdüse in seiner Greifvorrichtung bläst er die Vertiefungen aus. Durch solche Koffereinsätze werden hochwertige Produkte – zum Beispiel Messinstrumente, medizinische oder optische Geräte – beim Transport geschützt. Ihre Konturen und Vertiefungen werden entsprechend den Formen der Gegenstände, die sie aufnehmen sollen, in den Schaumstoff geätzt. Dabei verbleibt im Koffereinsatz ein feiner Staub, der ausgeblasen werden muss. In dem schaumstoffverarbeitenden Betrieb, in dem der Roboter jetzt probeweise die Reinigung der Koffereinsätze vornimmt, haben das bisher menschliche Arbeitskräfte in Handarbeit gemacht. Nun nimmt ihnen der maschinelle Kollege – ein sogenannter Cobot – die monotone Tätigkeit ab. Bei einer zweiten Variante des Reinigungsprozesses steht die Druckluftdüse fest und der Cobot führt den Koffereinsatz ebenfalls konturgenau über sie hinweg. Für beide Prozessvarianten sind die CAD-Daten des Koffereinsatzes die Grundlage für die Roboterbewegungen. In Verbindung mit einer kommerziellen Softwareschnittstelle lässt sich der Cobot schnell und exakt programmieren und fügt sich damit reibungslos in die bereits bestehende Softwarelandschaft des Unternehmens ein.

Cobots sind Roboter, die ihren Namen der Fähigkeit verdanken, mit Menschen in einem gemeinsamen Arbeitsraum zu kollaborieren. Aber sie haben noch andere Eigenschaften, die sie vielseitig einsetzbar machen. Sie sind leichter als die meisten Industrieroboter, benötigen daher häufig keine aufwendige Bodenverankerung und können mobil und flexibel eingesetzt werden. Das ist insbesondere bei der Produktion kleinerer Stückzahlen von Vorteil. Der Cobot in der Schaumstoffverarbeitung ist ein Anwendungsbeispiel aus dem Projekt „Einsatz von Cobots in kleinen und mittelständischen Unternehmen“. In ihm sondiert die TEWISS – Technik und Wissen GmbH, gefördert von der Wirtschaftsförderung der Region Hannover, das technische und wirtschaftliche Potential der Cobots für die betriebliche Praxis. Im Verlauf des Projekts besuchen die TEWISS-Ingenieure sechs Unternehmen aus verschiedenen Branchen. Pro Betrieb wird ein realer Produktionsprozess exemplarisch mit einem Cobot automatisiert. In einem der anderen Anwendungsfälle geht es zum Beispiel um das Einlegen von lasergeschnittenen Blechteilen in eine Biegepresse und ihre Entnahme. Auch hier haben die TEWISS-Ingenieure eine wirtschaftliche, auf das Unternehmen zugeschnittene Lösung entwickelt, die bisherige monotone Handarbeit automatisiert: Ein Cobot übernimmt in Kombination mit einem Sauggreifer und einem kostengünstigen

„Das Projekt ist einer unserer elementaren Bausteine, mit denen wir als Wirtschaftsförderung den Einsatz von Cobots in regionalen Betrieben unterstützen. Insbesondere der praktische Ansatz des Vorhabens erlaubt die schnelle Entwicklung und Erprobung neuer Ideen. Deren Umsetzung eröffnete beteiligten Unternehmen bereits Perspektiven, insbesondere die Fertigung von kleinen Serien noch wirtschaftlicher umzusetzen. Das Projekt stärkt so die lokale Wertschöpfung und gewährleistet, dass Unternehmen auch zukünftig in der Region Hannover wettbewerbsfähig produzieren können.“

Dr. Michael Merwart / Region Hannover

*Der Cobot beim Bearbeiten von lasergeschnittenen Teilen.
V.l.n.r.: Positionierung des Cobots an der Biegepresse,
Programmieren des Ablaufs, der Cobot beim Einlegen der Rohlinge
und das fertige Produkt.*



3D-gedruckten Teilemagazin das Aufnehmen, Einlegen und Entnehmen der Teile. Auch das Starten der Biegepresse erledigt der Cobot.

Über den Verlauf des Projekts und die Ergebnisse können sich interessierte Unternehmer durch Vorträge und Videos auf Veranstaltungen wie den Robotik-MeetUps, in Beratungsgesprächen und direkt bei der TEWISS GmbH informieren. Sie erleben anhand der Fallbeispiele, was Cobots in ihren eigenen Betrieben leisten könnten und wo ihre Grenzen liegen, wie aufwendig ihre Installation ist, welche Kosten sie verursachen und welchen ökonomischen Nutzen sie bringen. Auf diese Weise werden regelmäßig über 200 Unternehmen aus der Region Hannover erreicht. Ihre Reaktionen auf das Projekt sind ausgesprochen positiv, wie TEWISS-Geschäftsführer Dr. Jan Jocker feststellen konnte: „Unsere Anwendungsbeispiele spiegeln die Anforderungen der Praxis realistisch wider und liefern ein konkretes Bild von den Möglichkeiten des Cobot-Einsatzes. Das überzeugt Firmenchefs sowie Entscheider und bietet einen echten Mehrwert gegenüber pauschalen High-Tech-Versprechungen aus Hochglanzmagazinen.“

Weitergehende Informationen zum Cobot-Projekt bei:
TEWISS GmbH, Dr.-Ing. Jan Jocker,
www.tewiss.uni-hannover.de

HRI - Hannover Region Innovativ

Sie haben als ansässiges KMU eine anspruchsvolle FuE-Projektidee und möchten diese gerne gemeinsam mit einem regionalen Partner – einem weiteren Unternehmen (< 1.000 Mitarbeiter) oder einer Forschungseinrichtung – voranbringen?

Sie möchten sondieren, ob ein technologieorientiertes FuE-Förderprogramm der Landes-, Bundes- oder EU-Ebene infrage kommt?

Die neue Richtlinie „Hannover Region Innovation“ fördert Projekte in KMU im Bereich Forschung und Entwicklung mit bis zu 10.000 Euro. Lassen Sie sich von uns beraten!



Region Hannover

Ansprechpartner:

Jan Cord Ziegenhagen
Region Hannover
Tel. 0511 616 246

Mail: jancord-ziegenhagen@region-hannover.de
www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/hri

Exzellenzcluster PhoenixD:

Hier beginnt die Revolution der Optik

52 Millionen Euro, 110 Wissenschaftler, ein gemeinsames Ziel:
Die technologische Revolution der Optik.

Im Exzellenzcluster PhoenixD arbeiten Forscher an kleinen und günstigen Hochleistungsoptiken, die völlig neue Anwendungsfelder eröffnen.

Text: Susann Reichert (IPH)

Fotos: Sonja Smalian / LUH (2)



Die Doktoranden im Exzellenzcluster PhoenixD arbeiten gemeinsam an der Revolution der Optik – über Fachgrenzen hinweg.



Einen Technologiesprung, wie ihn die Mikroelektronik ermöglicht hat, wollen Wissenschaftler im Exzellenzcluster PhoenixD für die Optik und Photonik realisieren. Ihr Ziel ist ein Paradigmenwechsel von großen und komplexen Freiflächen-Hochleistungsoptiken hin zu intelligenten, kompakten und adaptiven optischen Systemen, die in einem integrierten Produktionsnetz hergestellt werden.

Photonik ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Optische Glasfasern sind das Rückgrat des Internets und der Mobilfunknetze. Optische Sensoren und hochauflösende Kameras sind Voraussetzung für das autonome Fahren der Zukunft und Laser ersetzen in der Medizintechnik das Skalpell. Um diese Entwicklung zu beschleunigen und völlig neue Anwendungsfelder zu ermöglichen, muss die Optik – ebenso wie einst die Elektronik – deutlich kompakter werden und sich schneller und günstiger herstellen lassen. Das ist das Ziel des Exzellenzclusters PhoenixD.

Auf diesem Weg arbeiten etwa 110 Wissenschaftler aus sechs Disziplinen zusammen: Physiker, Chemiker, Elektrotechniker, Informatiker, Mathematiker und Maschinenbauer widmen sich zum Teil der Grundlagenforschung und zum Teil der praktischen Anwendung. Derzeit arbeiten sie noch verstreut an verschiedenen

Standorten in Hannover und Braunschweig, aber in diesem Jahr werden mehrere Forschergruppen zwei Gebäude direkt neben dem Hauptgebäude der Leibniz Universität Hannover beziehen. Zudem ist ein neuer Forschungsbau, das OPTICUM, in Planung. Dort sollen ab 2026 die Aktivitäten im Bereich der Optischen Technologien unter einem Dach gebündelt werden.

Wie sich die Präzisionsoptik von morgen in großen Stückzahlen herstellen lässt, erforschen die Ingenieure am Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) sowie am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH). In der sogenannten Research Area M – jenem Teil des Exzellenzclusters, der sich mit der Produktionstechnik beschäftigt – bauen sie gemeinsam ein Manufacturing Grid auf, also ein Fertigungsrastrer zur Herstellung von Präzisionsoptiken. Die Produktionswissenschaftler untersuchen, inwieweit sich 3D-Druck, Kunststoffspritzguss und Prägeprozesse zur Fertigung von Präzisionsoptiken eignen. Sie entwickeln Techniken zur hochpräzisen Montage der Bauteile – vom Kleben über fühlende Aktuatoren bis hin zu Self-Assembly-Techniken. Sie simulieren additive Fertigungsprozesse, beschäftigen sich mit der Lieferkettenkonfiguration, erforschen neue Werkstoffe und zeigen an einem praktischen Beispiel, dass gedruckte Lichtwellenleiter möglich sind.