

# FUTURE MANUFACTURING

Magazin für intelligente Produktion

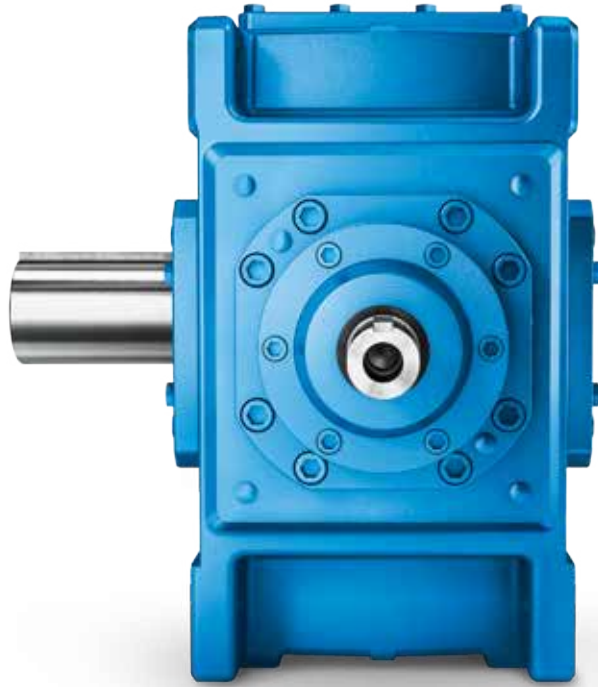
[www.future-manufacturing.eu](http://www.future-manufacturing.eu)

3/2020



**Mess- und Prüftechnik im Produktionsprozess**

**Robotik als Schlüsseltechnologie in der Automation**



ORIGINAL.

---

## Das ist doch vermessen

### Zahlen, Daten, Fakten



---

Das Meter ist die Längeneinheit des internationalen Einheitensystems. **1875** wurde es als der zehnmillionste Teil eines Viertels des Längenkreises der Erde definiert. Anhand dieser Definition wurde das Urmeter aus einer Platin-Iridium-Legierung angefertigt. Da dieser Prototyp kleiner wurde, hat man sich **1983** entschieden, die Einheit als jenen Weg zu definieren, den Licht im Vakuum im 299.792.458sten Teil einer Sekunde zurücklegt.



---

Der **Pamono-Virensensor** kann sichtbar machen, was Viren anrichten, berichtet die TU Dortmund. Während Viren zu klein für die optische Sichtbarmachung sind, kann das, was sie anrichten, sehr wohl sichtbar gemacht werden. Denn ein Virus ist nur nanometergroß, aber seine Wirkung erstreckt sich über den Mikrometerbereich. Diese charakteristischen Veränderungen werden durch Bild- und Signalanalyseverfahren neuronaler Netzwerke innerhalb von Minuten ermittelt.

---

Das Eckige muss ins Runde: Eine Gruppe von Forschern aus Australien, Neuseeland, Taiwan, Schweden, Großbritannien und den USA hat herausgefunden, warum Wombats quadratischen Kot produzieren. Der Wombat in Tasmanien ist vermutlich das einzige Lebewesen, das Fäkalien in **Würfelform** von sich gibt. Der Mechanismus könnte Inspiration zu einer völlig neuen Art von Produktionsprozessen sein, erklärte Ingenieurin Patricia Yang.

---

# Editorial



**Dr. Matthias Irlé**  
Vorsitzender der  
Fachabteilung Prüftechnik  
VDMA Mess- und Prüftechnik

## Zuverlässig und präzise

Ob es um Qualität und Sicherheit in der industriellen Produktion geht, um die Gesundheit oder um die Ernährung – immer muss zuverlässig gemessen, gewogen und geprüft werden. Die Unternehmen der Mess- und Prüftechnik stehen für Kreativität, Qualität und Verantwortungsbewusstsein. Sie produzieren am Standort Deutschland und sind Teil des weltweit anerkannten Qualitätssiegels „Made in Germany“. An drei ausgewählten Kundenbranchen soll dies verdeutlicht werden.

Moderne Technologien und Verfahren in der Automobilindustrie setzen auf höchste Präzision und minimale Fertigungstoleranzen. In enger Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie entstehen so von der Messschraube bis zum äußerst komplexen, maßgeschneiderten Simulationsprüfstand jene Produkte und Systeme, die für eine moderne Fertigung von Kraftfahrzeugen unerlässlich sind. Auch beim Ausbau der E-Mobilität sind kreative Lösungen der Mess- und Prüftechnik gefragt, um die großserientechnische Fertigung von Elektrofahrzeugen effizient und in hoher Qualität zu ermöglichen.

In der Luft- und Raumfahrt können die in Deutschland ansässigen Anbieter ihren Premiumanspruch perfekt ausspielen: Es sind vor allem die Gewissenhaftigkeit und das Streben nach Perfektion, die sie zu geschätzten Spezialisten machen und dies natürlich auch in anderen Industrien, in denen die Sicherheit eine zentrale Rolle spielt. Das Leistungsspektrum der Unternehmen reicht dabei von High-Tech-Präzisionsinstrumenten für die Grundlagenforschung über ausgeklügelte Prüfsysteme für die Fertigung ganzer Tragflächen bis hin zu Lösungen für die Wartung und Instandhaltung.

In der Medizintechnik sind Zahnimplantate oder künstliche Gelenke extrem belastete High-Tech-Konstruktionen. Hier sind Druck- oder Abriebprüfungen wie auch eine verlässliche nanometergenaue Herstellung und Anpassung die Basis für jahrelange Beschwerdefreiheit. Beim Wägen oder Dosieren von Medikamenten sind Zuverlässigkeit und Präzision ebenso unabdingbar wie eine lückenlose Dokumentation aller erhobenen Daten.

Dies sind nur drei Beispiele von der Vielfältigkeit innerhalb der Mess- und Prüftechnik. In nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens kommen die Technologien und die Kompetenzen der Mitgliedsunternehmen zum Einsatz und liefern ihren Beitrag, um die Qualität und die sichere Funktion der Produkte in unterschiedlichsten Branchen zu gewährleisten.

**Dr. Matthias Irlé**

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| <b>Editorial</b>  | 4  |
| <b>● Mess- und Prüftechnik im Produktionsprozess</b>  |    |
| Mit Ultraschall lässt sich der Durchfluss messen<br>Eletta Messtechnik: Der Sensor taucht nicht in das Medium ein   | 6  |
| Monitoring ermöglicht optimale Produktqualität<br>Fraunhofer LBF: Zerstörungsfreie Prüfung von Strukturen   | 8  |
| Revolution am Bandende mit innovativer Prüftechnik<br>Dürr Assembly Products: Digitalisierte Assistenzsysteme automatisiert prüfen                                | 10 |
| Das digitale Potenzial analoger Maschinen<br>Schenck Rotec: Ein Plus an Produktivität aus vorhandenen Maschinen holen   | 12 |
| Überwachung von Qualitätsmerkmalen bei Bremsen<br>RTE Akustik + Prüftechnik: Resonanzfrequenzen sind der Fingerabdruck eines Bauteils                             | 14 |
| Wägen an Bord eines schwankenden Schiffes<br>Penko Engineering: Genaue Bestimmung des Gewichts trotz ständiger Bewegung   | 16 |
| <b>Neues aus der Industrie</b>  | 18 |
| <b>● Robotik als Schlüsseltechnologie in der Automation</b>   |    |
| Betriebsdaten können in der Fabrik bleiben<br>Fanuc: Datenanalyse entlang der Prozesskette  | 20 |
| Die nächste Generation Roboter ebnet<br>den Weg zum Dark Warehouse<br>Dematic: Maschinen sollen künftig selbst Entscheidungen treffen                             | 22 |
| Komplexe Produktion, sicher und zuverlässig<br>dank Zusammenarbeit zwischen Mensch und Robotik<br>Grenzbach: Hochflexible und gleichzeitig zuverlässige Fertigung | 24 |
| Wenn Roboter das Aufzugfahren lernen<br>Kone: Automatischer Einsatz auf mehreren Stockwerken  | 26 |
| Mit Kollaboration und KI zur flexiblen Fertigung<br>ABB: Automatisierung der Elektronikfertigung  | 28 |
| Erfolgreiche Cobot-Initiativen vereinen Sicherheit,<br>Qualität und Flexibilität<br>Omron Electronics: Harmonisches Zusammenspiel von Mensch und Maschine         | 30 |
| Roboter schaffen den Sprung von der Handhabung<br>zu Bearbeitungsaufgaben<br>CNC-Robotic Maucher: Optimierte Kinematik für komplexe Bearbeitungsaufgaben          | 32 |



Der Funktionsprüfstand für Fahrzeuge revolutioniert die Prozesse am Bandende.

10



Eine offene IoT-Plattform verbindet alle Maschinen innerhalb der Produktion miteinander.

20



Die Klebeklettmontage wird vollautomatisch ausgeführt.

32

## FUTURE MANUFACTURING 2020

Die Themen der nächsten Ausgaben: Virtuelle Realität, Werkzeugmaschinen, Präzisionswerkzeuge, Montage.

# Mit Ultraschall lässt sich der Durchfluss messen

CHRISTOPH PALIOT

Ob es sich um hochreine oder verschmutzte, harmlose oder aggressive Medien handelt, Durchflussmessgeräte finden ihre Einsatzbereiche von der Tiefsee bis ins Weltall. Ultraschalldurchflussmesser verwenden das Laufzeitdifferenzverfahren zur präzisen, nichtinvasiven Messung von Durchflüssen in vollgefüllten Rohrleitungen. Das Laufzeitverfahren basiert auf dem physikalischen Grundprinzip, nach dem sich Schallwellen in einem Medium in Flussrichtung schneller ausbreiten als in entgegengesetzter Richtung. So wie ein Ruderboot flußabwärts schneller ist als flußaufwärts.

Die Differenzdrucktechnologie stellt einen anerkannten Weg dar, den Durchfluss in einem Rohrsystem zu messen und zu kontrollieren. Da aber nicht jede Messtechnologie in jeder Applikation einsetzbar ist – dafür gibt es physikalische, chemische und kommerzielle

Beschränkungen – hat Eletta Messtechnik GmbH, Berlin, das Portfolio in Kooperation mit dem renommierten Hersteller Katronic um die Ultraschallmesstechnologie erweitert.

Zur Messung des Durchflusses werden zwei Ultraschallsensoren von außen an

das Rohr angeklemt, wobei beide Sensorköpfe abwechselnd Ultraschallsignale senden und empfangen. Die Impulse durchlaufen das Rohr und das Medium sowohl mit als auch entgegen der Flussrichtung. Die daraus resultierende Differenz in der Laufzeit der beiden entgegengesetzten

Fotos: Eletta



Bei der Mikrochipherstellung werden ätzende oder hochreine Flüssigkeiten verwendet, die nicht mit einem Sensor in Berührung kommen dürfen.



Mit der Ultraschalldurchflussmessung lassen sich Produktionsprozesse überwachen und steuern.



Signale verhält sich direkt proportional zur Strömungsgeschwindigkeit und kann mithilfe zusätzlicher Rohrparameter als Durchflussvolumen ausgegeben werden.

Da Faktoren wie Strömungsprofil, Temperatur des Mediums und Rohrbeschaffenheit die Messungen beeinflussen, berechnet diese die hochwertige Elektronik der Durchflussmesser und gleicht Veränderungen aus, um zuverlässige Messergebnisse auch unter schwierigeren Bedingungen zu garantieren. Die Messinstrumente können an Rohrleitungen verschiedener Materialien und Durchmesser von zehn bis 6500 Millimetern befestigt werden.

Während Durchflussmesser bei den meisten anderen Messverfahren ins Rohr eingebaut werden müssen, sei es mit einem Gewinde oder mit Flanschen, erfolgt die Ultraschallmessung nichtinvasiv: Die Ultraschallsensorpaare, die die Signale jeweils absenden und aufnehmen, werden bei den Geräten einfach auf das Rohr aufgeklipst, geschnallt oder mit Magnetschienen befestigt. Diese einfache Art der Installation ist kostengünstig, da ohne aufwendige Hardware und mit geringem Zeitaufwand erledigt. Zudem muss das Rohr nicht aufgetrennt werden, was eine effiziente Messung von hygienischen oder aggressiven Flüssigkeiten mit geringem Aufwand ermöglicht. So ist auch eine Messung an fast jeder Stelle der Anlage möglich, so lange die Vor- und Nachlaufstrecken zur Beruhigung des Mediums eingehalten werden. Diese Strecken, die

der Beruhigung des Mediums und so der Genauigkeit der Messung dienen, sind kürzer als bei vielen anderen Technologien zur Durchflussmessung.

Speziell bei der Anwendung an großen Rohrweiten genießt der Anwender einen doppelten Vorteil: In der Regel sind die Rohrteile bei invasiver Messung (Vortex, Differenzdruck, Flügelrad) teuer und es fallen hohe Lohnkosten an, da Flansche oder Gewinde angebracht werden müssen, um das Messgerät ins Rohr einzubringen. Im Gegensatz hierzu wird bei den Eletta-Ultraschallgeräten das Sensorpaar außen am Rohr mittels Befestigungsketten oder Magnetschienen angehängt. Dies erfolgt innerhalb weniger Minuten und ermöglicht einfache Montage auch in schwer zugänglichen Anlagen, zum Beispiel bei Rohrbündeln.

### Kontinuierliche Prozesse überwachen

Der Benutzer wird durch einen Installationsassistenten durch die gesamte Montage und Inbetriebnahme des Durchflussmessgerätes geführt, sodass Fehler fast unmöglich sind und die Präzision der Messung garantiert ist. Zur genauen Bestimmung vor Ort sind Temperatursensoren und Sensoren zur Bestimmung der Wanddicke am Rohr erhältlich, in dem gemessen werden soll. So werden alle Parameter automatisch erfasst, die einen Einfluss auf das Messergebnis haben. Dadurch wird automatisch eine präzise Messung ermöglicht.

Die Messung von Medien, die unter extrem hohen Drücken stehen, ist problemlos möglich und effizient, da die nichtinvasive Messung wiederum ihre Vorteile ausspielt: Der Nutzer braucht sich keine Gedanken über die Druckklassen der Messgeräte zu machen.

Mit den optionalen Wärmesensoren können auch Wärmemengen gemessen werden, um die Effizienz von Anlagen zu überwachen oder bei Verlassen von Grenzwerten Alarme auszulösen. Dies dient der Sicherheit in der Anlage und vermeidet Schäden durch Überhitzung, Trockenlaufen oder andere Fehler.

In Industrien mit kontinuierlichen Produktionsprozessen birgt eine Unterbrechung Risiken, die mit dem Einsatz des Ultraschallgerätes vermieden werden. Die Sensoren werden an der Außenseite des Rohres befestigt – bei laufender Produktion.

Die nichtinvasive Messung ist auch ideal für den temporären Einsatz des Durchflussmessgeräts. Oft gibt es dem Inbetriebnehmer oder Anlagenbetreiber einen Sicherheitsgewinn oder Leistungsnachweis, wenn bei der Inbetriebnahme von Hydraulik-, Kühl- oder Lebensmittelproduktionsanlagen, in denen keine dauerhafte Durchflussmessung vorgesehen ist, bei der Abnahme der Anlage deren Leistung gemessen und protokolliert wird. Die Daten werden im tragbaren Gerät erfasst und können nach der Messung auf einem Computer bearbeitet werden. So ist in wenigen Minuten ein Abnahmeprotokoll erstellt.

Eine wichtige, umweltrelevante Applikation ist die Leckagemessung in Wasserrohren, die abseits von Stromanschlüssen liegen. Hierbei helfen Versionen des tragbaren Gerätes, die mit Langzeitbatterien über mehrere Wochen lang messen können. Widrige Umweltbedingungen sind durch die durchdachte mechanische Konstruktion der Messperipherie kein Problem. ●

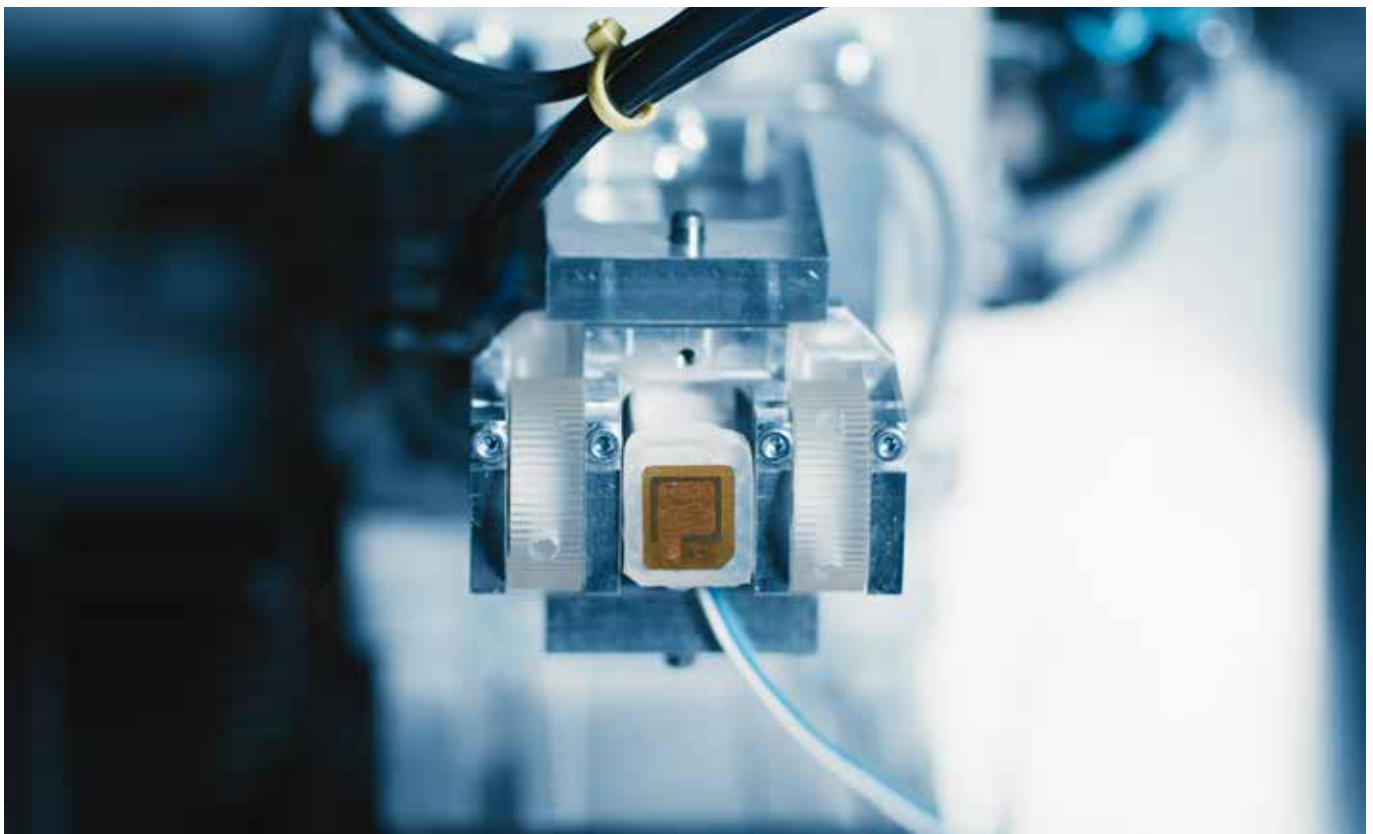
Christoph Paliot  
Vertriebsleiter  
Eletta Messtechnik GmbH

# Monitoring ermöglicht optimale Produktqualität

YE JI PARK

Hersteller struktureller Komponenten beispielsweise für die Luftfahrtindustrie stehen vor einer Herausforderung: Sie müssen die gewünschte Qualität und die Betriebsfestigkeit ihrer Produkte über die gesamte Lebenszeit sicherstellen. Wissenschaftler haben ein Messgerät entwickelt, das zerstörungsfrei den Zustand von Strukturen und ihre Integrität prüfen kann. Für die Messung wird die elektromechanische Impedanz genutzt.

Fotos: Ursula Raapke/ Fraunhofer



Der innovative Messkopf arbeitet auf Basis von Schwingungen und analysiert die Struktur zerstörungsfrei.

Für das neue Verfahren wird der Messkopf direkt und ohne zusätzliches Koppelungsmedium zum Bauteil gebracht, wo die Messung stattfindet. Da der Messkopf lediglich mit leichtem Druck mit dem Bauteil in Berührung gebracht wird, kommt es nicht zu einer Veränderung der Struktur.

Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzu-

verlässigkeit LBF haben den innovativen Messkopf entwickelt, um mit Hilfe der Schwingungen und zerstörungsfrei den Zustand zu messen. Die Struktur wird anhand der elektromechanischen Impedanz sichtbar gemacht. Der Messkopf ist imstande, simultan die Prüfstruktur anzuregen.

Die Messung der elektromechanischen Impedanz ist ein vielversprechendes Ver-

fahren in der Prüfung struktureller Komponenten. Dafür wird üblicherweise ein piezoelektrischer Wandler auf die Prüfstruktur geklebt, um die elektromechanische Kopplung herzustellen. Allerdings lässt sich der Wandler nach der Messung meist nur mit Aufwand entfernen. Dadurch wächst das Risiko, die Struktur zu beschädigen. Dies hat bisher die Anwendbarkeit des Verfahrens eingeschränkt, da





Eine Messung zur frühzeitigen Erkennung von Schäden an Bauteilen für die Luftfahrt haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit entwickelt.

der Messpunkt nicht flexibel geändert werden konnte und die Sensorik dauerhaft am Bauteil verbleiben musste. Daher hat der Technologietransfer in die Industrie bisher nur für stationäre Anwendungen stattgefunden.

Kernelement des entwickelten Messkopfes ist ein piezoelektrischer Wandler mit einer Größe von zehn mal zehn Millimetern. Einzigartig am Messkopf ist, dass er ohne zusätzliches Medium für die Kopplung nur an die Prüfstelle angedrückt werden muss und sich so auch an die nächste Messstelle bewegen lässt. Die Prüfstruktur wird somit nicht verändert. Es können auch keine Klebstoffrückstände auf der Oberfläche verbleiben. Der Messkopf ist imstande, simultan die Prüfstruktur anzuregen und die elektromechanische Impedanz zu messen.

### Hohe Sensitivität

Der Energieverbrauch des neuen Messkopfs ist niedrig. Mit weniger als 500 Milliwatt liegt er deutlich unterhalb dem Verbrauch konventioneller Messverfahren, die eine Größenordnung höher liegen. Auch im Hinblick auf die einstellbare, hohe Sensitivität ist der Messkopf konventionellen Verfahren nach Aussagen der Wissenschaftler überlegen. In der Identifikation von strukturellen Änderungen kann er einen deutlichen Mehrwert für Kunden aus der Prüf- und Messtechnik bis hin zu Endanwendern in der Automobil- und Luftfahrtindustrie generieren.

Der Messkopf identifiziert strukturelle Änderungen, indem er Qualitätsabweichungen oder Materialfehler inline oder offline in der Fertigung detektiert. Zudem kann er Strukturfehler frühzeitig erkennen, um ein unerwartetes Materialversagen zu vermeiden.

Im Zuge einer auf Vibrationen basierenden Messung zeigt der Messkopf im Vergleich zu anderen akustischen oder optischen Systemen eine höhere Sensitivität für Strukturänderungen. Bei referenzbasierenden Messungen erhöht der Messkopf die statistische Zuverlässigkeit und Entscheidungssicherheit. Darüber hinaus ermöglicht er es, strukturelle Änderungen über die Lebenszeit nachzuverfolgen.

Im Rahmen des durch die Europäische Kommission geförderten Luftfahrt-Forschungsprojekts Clean Sky 2 ist der Messkopf in ein automatisiertes Messsystem und in die Infrastruktur einer Produktionsanlage integriert worden. Derzeit ist auf diesem Wege eine Untersuchung von Strukturen bis zu einer Länge von rund acht Metern möglich. Mittelfristig ist geplant, die Signale des Messkopfs auch direkt für die Prozessoptimierung zu nutzen. Auf diese Weise trägt die Technologie nicht nur zur Überwachung, sondern auch zur Maximierung der Produktqualität bei.

Im Rahmen des durch die Europäische Kommission geförderten Luftfahrt-Forschungsprojekts Clean Sky 2 ist der Messkopf in ein automatisiertes Messsystem und in die Infrastruktur einer Produktionsanlage integriert worden. Derzeit ist auf diesem Wege eine Untersuchung von Strukturen bis zu einer Länge von rund acht Metern möglich. Mittelfristig ist geplant, die Signale des Messkopfs auch direkt für die Prozessoptimierung zu nutzen. Auf diese Weise trägt die Technologie nicht nur zur Überwachung, sondern auch zur Maximierung der Produktqualität bei.

*Ye Ji Park  
Abteilung Experimentelle Analyse  
und Elektromechanik  
Bereich Adaptronik  
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit  
und Systemzuverlässigkeit, Darmstadt*



# INDUSTRIE 4.0

## IHR SOFTWARE-PARTNER FÜR DIE INDUSTRIE

Sind Sie bereit für Industrie 4.0? GFOS bietet das MES zur smarten Steuerung Ihrer Produktion.

# Revolution am Bandende mit innovativer Prüftechnik

JÖRG NEUMANN UND THOMAS TENTRUP

Das autonom fahrende Auto rollt auf die Startlinie zu. Noch gilt es, einige Hürden zu überwinden. Eine der großen Herausforderungen des autonomen Fahrens ist die Validierung der Verkehrssicherheit auch in schwierigen Situationen. Gewährleisten sollen dies komplexe digitalisierte Assistenzsysteme und Komponenten. Doch deren konkrete Funktionalitäten lassen sich mit den gängigen Prüfständen am Ende einer Fahrzeugmontage nicht überprüfen.

Eine neue Generation an Prüfständen kann die Fahrzeuge der Zukunft auf Herz und Nieren prüfen. Schon heute werden am Bandende umfangreiche Mess-, Justier- und Prüfprozesse durchgeführt, um die Sicherheit und den Komfort beim Fahren zu gewährleisten.

Neben den traditionellen Prüfständen spielen in der Pkw-Produktion die Einstellstände für Fahrerassistenzsysteme eine immer wichtigere Rolle. Diese Systeme bringen bereits eine ganze Reihe neuer Technologien mit sich wie Radar-, Laser-

und Infrarotsensoren und die dazugehörige Bildverarbeitung.

Da die Funktionalitäten auf dem Weg hin zum autonomen Fahren kontinuierlich zunehmen werden und sie zusätzlich noch sicherheitsrelevant sind, steigen auch die Anforderungen an die Prüfstände. Herkömmliche Methoden sind diesem Fortschritt nicht gewachsen. Dieser Entwicklung griff Dürr Assembly Products voraus und entwickelte zwei völlig neuartige Konzepte: den Multi-Sensor-Kalibrier-Prüfstand x-around und den dynamischen

Funktionsprüfstand x-road curve. Diese Prüfstände sind modular aufgebaut und technologisch so ausgestattet, dass sie für konventionelle Fahrzeuge wie für die Testaufgaben der Zukunft genutzt werden können.

Der Multi-Sensor-Kalibrier-Prüfstand ist für die nächste Generation der Assistenzsysteme bis hin zum autonomen Fahren ausgerichtet. Er kann Sensoren kalibrieren und weiterführende Funktionstests durchführen. Für konstante und reproduzierbare Bedingungen sorgt eine lichtundurchlässige



Fotos: Dürr Assembly Products

Der dynamische Multifunktionsprüfstand x-road curve prüft auch bei hohen Geschwindigkeiten Fahrzeuge unter Einbeziehung der Fahrzeuglenkung. Erstmals ermöglicht er, reale Fahrsituationen abzubilden.

Durch die schwenkbaren Rollenaggregate bleibt das Fahrzeug auch bei hohen Geschwindigkeiten in der Mitte des Funktionsprüfstandes positioniert – unabhängig von der Lenkradstellung und ohne Eingriffe durch Lenkung des Fahrzeugs.



sige Kabine, die den gesamten Prüfstand einfasst. Damit werden Störeinflüsse wie Wärmequellen, Hallen- oder Umgebungslicht ausgeschlossen und Radarreflexionen durch Absorbermaterial gezielt reduziert.

Anstelle von gedruckten Kalibriermustern kommen Beamer und Monitore zum Einsatz, um flexibel statische und dynamische Muster beziehungsweise Szenen darzustellen. Mit Hilfe eines berührungslosen Messsystems lassen sich Karosseriehöhe und Fahrzeugsymmetrie messen. Diese Daten fließen in die Sensorkalibrierung mit ein. Auch eine Berücksichtigung der dynamischen Fahrachse ist durch Datenübernahme von vorgelagerten Fahrwerkeinstellständen jederzeit möglich. Die Automatisierungssoftware x-line steuert variabel einzelne Prüfstandkomponenten und unterschiedliche Aufgaben.

Die zweite Neuentwicklung ist der x-road curve. Er definiert eine neue Entwicklungsstufe in der Fahrzeugprüftechnik. Bisher ist für klassische Aufgaben wie die Funktionsprüfung von Bremsen, Getriebe, ABS und ESP auf dem Prüfstand ein Fahrer erforderlich, der das Fahrzeug ein- und ausfährt, es im Geradeauslauf hält, entsprechend den Prüfvorgaben schaltet, beschleunigt und bremst. Autonomes Fahren eröffnet die Chance, die Struktur des Produktionsprozesses am Bandende wesentlich effizienter zu gestalten und vollautomatisch zu betreiben.

Anstelle von manuellem Fahren und manueller Einstellung bewegt sich das autonom fahrende Fahrzeug im Bereich

des Bandendes selbstständig von einem Prüfstand zum nächsten und kann auf dem Funktionsprüfstand erstmals fahrerlos geprüft werden.

Die Besonderheit des neuartigen Prüfstandkonzepts gegenüber herkömmlichen Prüfständen: Der dynamische Funktionsprüfstand besitzt zwei schwenkbare Rollenaggregate für die Vorderräder anstelle fest ausgerichteter Rollenachsen. Bisher muss ein Fahrer eingreifen, um das Auto in der Mitte des Prüfstands zu halten. Ansonsten würde es unkontrolliert seitlich wegdriften, was bei hohen Geschwindigkeiten unweigerlich zur Beschädigung des Fahrzeugs oder des Prüfstandes führen würde. Bei autonom fahrenden Fahrzeugen ist jedoch für bestimmte Manöver eine Lenkung erforderlich, beispielsweise um Objekten auszuweichen oder vordefinierten Wegen zu folgen. Das lässt sich auf herkömmlichen Prüfständen nicht realisieren, da die vorderen Rollenpaare nicht drehbar gelagert sind.

### Monitore und dynamische Muster

Der dynamische Funktionsprüfstand hingegen ist mit einer Lenkfunktion ausgestattet, die mit Hilfe von Lasermesstechnik den Lenkwinkel des Fahrzeugs erfasst und bei Bedarf durch die schwenkbaren Rollenaggregate ausgleicht. Damit bleibt das Fahrzeug auch bei hohen Geschwindigkeiten in der Mitte des Funktionsprüfstandes positioniert – unabhängig von der Lenkradstellung und ohne Eingriffe durch Lenkung des Fahrzeugs. Fahrzeugfunk-

tionstests mit Lenkfunktion sind ebenfalls möglich.

Der Funktionsprüfstand kann mit einer Virtual-Reality-Umgebung verbunden werden. Das Fahrzeug durchläuft dabei mit Lenkbewegungen typische Verkehrsszenen. So lässt sich dynamisch testen, ob es im Verbund mit seinen Systemen zum Beispiel ein Hindernis oder ein vorausfahrendes Fahrzeug erkennt, rechtzeitig bremst oder ausweicht. Die virtuelle Realität erzeugt das entsprechende Objekt, etwa ein langsam vorausfahrendes Auto, oder die gewünschte Umgebung, zum Beispiel eine Serpentinestrecke. Somit wird eine umfassende Validierung der Funktionalität des autonomen Fahrens gewährleistet.

Mechanisch basiert der x-road curve auf dem bewährten Funktionsprüfstand x-road. Ein großer Teil der Baugruppen inklusive der Antriebstechnik für die Laufrollen ist unverändert – ausgenommen die Vorderachse, die durch zwei separate Laufrollensätze ersetzt wurde. Diese sind auf einem gemeinsamen Rahmen montiert. Jede Einheit besteht aus einer Drehplatte, die für einen maximalen Lenkeinschlag am Rad von plus/minus zehn Grad ausgelegt ist. Alle Prüfstände des konventionellen Vorgängermodells können mit der neuen Technik nachgerüstet werden. ●

Jörg Neumann  
Head of Product Line Management EoL PVT

Dr. Thomas Tentrup  
Leiter Entwicklung  
Dürr Assembly Products GmbH



# Das digitale Potenzial analoger Maschinen

JENS ZEYER

Vermeidung von Stillständen, Optimierung der Wartungszyklen – die Möglichkeiten der Digitalisierung bei Maschinen und Anlagen sind vielfältig. Große Unternehmen mit entsprechenden Maschinenparks erzielen Skaleneffekte. Allerdings stehen gerade kleine und mittelständische Firmen vor der Aufgabe, sehr genau zu kalkulieren und Betriebszeiten zu optimieren. Digitale Instrumente bieten einen hervorragenden Hebel, um aus den vorhandenen Strukturen mehr Produktivität zu schaffen.

Viele Projekte bleiben in der Pilotphase stecken. Vorbehalte unter der Belegschaft schaffen zusätzliche Hürden, denn oft erfordert die Digitalisierung ein Umdenken in Prozessen und Zuständigkeiten. Umso wichtiger ist es, mit den richtigen Maßnahmen Maschinen und moderne Softwaretechnologie so schnell und einfach zu vernetzen, dass die Anwender ihre Vorteile sehen und erleben können.

Schenck RoTec, Experte für Auswucht- und Diagnosetechnik, hat seine Softwarelösungen zusammengelegt, damit die Kunden das Potenzial der Produktions- und Maschinendaten bestmöglich nutzen können. Mehrere Anwendungen sind gebündelt ebenso wie einzeln nutzbar. In beiden Szenarien steht der Anwendernutzen im Mittelpunkt.

Je mehr Daten zusammengeführt und ausgewertet werden, desto besser lassen

sich Prozesse und Qualität optimieren. Schon der Zugang zu den Informationen soll so leicht wie möglich sein. Deshalb setzt Schenck auf eine browserbasierende Lösung, so dass unabhängig von Zeit und Ort jeder Mitarbeiter auf den Account in seiner Firma zugreifen kann. Es ist ein flexibles System und kann entweder direkt über den PC genutzt oder über Datenschnittstellen in bestehende, übergreifende Kundensysteme eingebunden werden.

Fotos: Schenck RoTec



Smarte Anwendungen ermöglichen umfangreiche Analysen. Digitale Instrumente helfen dem Mittelstand.

Ziel ist es, durch Datenaggregation die Visualisierung, Prozessanalyse, Fehlerminimierung sowie vorausschauende Wartung zu ermöglichen und so die Prozesse rund ums Auswuchten zu verbessern und effizienter zu gestalten. Die „Zentrale“ von Schenck ONE ist die Dashboard-Applikation SmartCockpit. Dieses einfach zu bedienende Tool gibt einen Überblick über den gesamten Maschinenpark. Es führt aktuelle und historische Daten für Analysen und schnelle Reaktion bei Vorkommnissen zusammen.

### Alle Indikatoren auf einen Blick

In einer detaillierten Ansicht werden die Produktions- und Qualitäts-Key-Performance-Indicators (KPI) sowie die Verfügbarkeit und Fehler pro Maschine anschaulich dargestellt (Production, Quality, Condition, Notifications). Unter Production werden die Outputzahlen und Durchlaufzeiten erfasst. Quality zeigt die Statistiken zur Auswuchtqualität und zum Auswuchtprozess. Der Zustand und die Verfügbarkeit der Maschinen werden unter Condition visualisiert. Der letzte Blick bietet eine Übersicht und statistische Auswertung der Fehler und Meldungen.

Die Wartung steht im Fokus der App MaintenanceAssistant. Damit kann sich der Nutzer einen einfachen Überblick über den Wartungszustand der Maschinen verschaffen. Auch die Planung und Dokumentation der Wartungen (zum Beispiel „Aufgabe erledigt, verschoben oder übersprungen“) ist mit der App möglich. Damit



Je transparenter der Auswuchtprozess wird, desto besser kann er optimiert werden.

werden alle Wartungsaufgaben von Maschinen und Toolings an einem Platz konsolidiert, herstellerunabhängig und von überall abrufbar. Jede Aufgabe wird einfach beschrieben; Bilder, Dokumente und Notizen können in der App ergänzt werden.

Anwendungsspezifische Wartungslisten können als PDF exportiert werden. Durch ein individualisierbares Alarmsystem bekommen die Nutzer rechtzeitig vor dem Ausführungsdatum eine Erinnerung. Kritische Aufgaben können dank der Prioritätenvergabe farblich hervorgehoben werden. Für Auswertungen und Planungen können die Daten nach Maschine, Fälligkeitsdatum, Name oder Verantwortlichen gefiltert werden. Aus der App heraus besteht die Möglichkeit, den Helpdesk Support zu kontaktieren.

Die Applikation AssetManager ermöglicht die Verwaltung von Maschinen, Gruppen oder ganzer Werke. Sie erfasst unter anderem Maschinenart, -daten oder den Standort. Ansichten der Anlagen und Maschinen, auch für die Nutzung durch andere Apps, können zentral ge-

speichert werden, ergänzt zum Beispiel durch Lagekarten oder Gebäudepläne. Auch andere Maschinen von Drittanbietern oder tooling-spezifische Dokumente können über die App gesammelt und verwaltet werden.

Das RotorDataCenter ist eine Applikation zum Speichern der Rotordaten. Die Daten der ausgewuchteten Rotoren werden gelesen, gesammelt, gespeichert und strukturiert. Auch diese Informationen sind browserbasierend überall verfügbar. Verschiedene Filter-, Such- und Sortierkriterien ermöglichen das einfache Wiederfinden. Nutzer sind in der Lage, die Daten auch im CSV-Format zu exportieren oder in andere Kundensysteme zu integrieren. So können die Anforderungen zur Nachverfolgung und gesetzlich vorgeschriebenen Speicherung erfüllt, das Qualitätsmanagement verbessert und papierlose Prozesse eingeführt werden. ●

.....  
*Dr. Jens Zeyer*  
*Director Marketing & Public Relations*  
*Schenck RoTec GmbH*  
 .....



# Überwachung von Qualitätsmerkmalen bei Komponenten und Bremssystemen

DAGMAR METZGER

Die Bremsscheibe beeinflusst das Geräuschverhalten des Bremssystems maßgeblich. Basierend auf ihren material- und konstruktionsbedingten Eigenschaften zeigt eine Bremsscheibe einige physikalische Effekte, die für die reproduzierbare Überwachung der Resonanzfrequenzen und deren Dämpfungswerte berücksichtigt werden müssen.

Foto: RTE



Zur Qualitätsüberwachung wird die Geräuschemission von Bremskomponenten überwacht.

Viele Automobilhersteller haben in den vergangenen Jahren das Verhalten von Bremssystemen durch Material- und Konstruktionsmodifikationen optimiert. Besonders im Fokus steht neben Funktion und Gewicht auch die Geräuschentwicklung im Bremsbetrieb. Ziel ist es, Störgeräusch im Fahrzeuginnenraum zu minimieren. Dieses Thema erreicht im Bereich der Elektromobilität eine neue Dimension, da Elektrofahrzeuge einen wesentlich niedrigeren Gesamtgeräuschpegel als herkömmliche Fahrzeuge aufweisen.

Zur Qualitätsüberwachung beim Thema Geräuschentwicklung werden aktuell in der Serienproduktion von Bremskomponenten bauteilspezifische Resonanzfrequenzen überwacht. Einen sehr wichtigen Anteil im Bereich der Geräuschentwicklung hat jedoch neben der Resonanzfrequenz selbst auch deren Dämpfungsverhalten. Eine hohe Dämpfung bietet ein deutlich geringeres Potenzial zur Geräuschentwicklung im Bremsvorgang.

Das Dämpfungsverhalten wird in der Praxis derzeit ausschließlich in der Ent-

wicklungs- und Prototypenphase untersucht. Die Überwachung des Dämpfungsverhaltens von kritischen Resonanzfrequenzen in der Serienproduktion ermöglicht eine deutlich verbesserte Qualitätsüberwachung.

## Ermittlung der Resonanz

Resonanzfrequenzen sind der Fingerabdruck eines Bauteils. Unter vergleichbaren Bedingungen verändern sie sich nicht und können reproduzierbar gemessen werden.

Zur Ermittlung der Resonanzfrequenzen wird die akustische Resonanzanalyse verwendet, die den physikalischen Effekt nutzt, dass ein Bauteil, das zum Schwingen angeregt wird, in seinen Eigenfrequenzen schwingt.

Eine Bremsscheibe zeigt viele Resonanzfrequenzen, die je nach Schwingungsform in bestimmten Bauteilbereichen auftreten, zum Beispiel am Reibring oder am Topf. An der Geräusentwicklung beim Bremsvorgang sind hauptsächlich die Schwingungsformen am Reibring relevant. Sie werden als Prüfmerkmal für die Qualitätsüberwachung genutzt. Diese Frequenzen liegen üblicherweise im Bereich von 500 bis 5000 Hertz.

Die Resonanzfrequenzen und die zugehörigen Schwingungsformen werden in der Entwicklungsphase über die Finite Elemente Methode (FEM) bisher lediglich theoretisch berechnet. Die Dämpfung einer Frequenz kann jedoch ausschließlich experimentell ermittelt werden. Daher werden in der Prototypenphase umfangreiche Labormessungen am Bauteil selbst und anschließend unter dynamischen Bedingungen im eingebauten Zustand durchgeführt.

Resonanzfrequenzen werden durch Fertigungs- und Materialtoleranzen beeinflusst. Design- und konstruktionsbedingt, gibt es Bereiche in denen einige Resonanzfrequenzen sehr nahe bei einander liegen beziehungsweise sich überlagern können. Bei der Serienüberwachungen ist daher wichtig, Prüfmerkmale zu wählen, die auch unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzen eindeutig detektiert und zuverlässig ausgewertet werden können.

### Dämpfungsverhalten

Ein akustisches Signal enthält alle angeregten Resonanzfrequenzen des Bauteils, die jeweils ein individuelles Dämpfungsverhalten aufweisen. Um die Frequenzen einzeln auswerten zu können, werden sie aus dem Zeitsignal berechnet. Ziel ist es, für die relevanten Resonanzfrequenzen jeweils den Wert der niedrigsten Dämpfung zu ermitteln.

Bei Bremsscheiben ist dies aufwändiger als bei anderen Bauteiltypen. Insbesondere die Schwingungsformen am Reibring einer Bremsscheibe zeigen systematische Änderungen im Bereich der Frequenz- und auch der Dämpfungswerte auf.

In Abhängigkeit vom Messpunkt können die Messwerte für das gleiche Prüfmerkmal stark variieren.

In der Praxis haben sich Systeme bewährt, die eine automatische Mehrfachanregung an verschiedenen Messpunkten am Umfang der Bremsscheibe ermöglichen, auch um Einflüsse durch manuelle Eingriffe zu minimieren. In Kombination mit geeigneten mathematischen Algorithmen kann aus den erfassten Messwerten der Wert der minimalen Dämpfung für die relevanten Schwingungsformen berechnet werden. Bei Bedarf kann zudem ein Gesamtwert für die Scheibe als Qualitätskennzahl ausgegeben werden.

Damit kann auch die Dämpfung einer Resonanzfrequenz als Merkmal in der Serienproduktion von Bremsscheiben ermittelt und überwacht werden. Trotz aller Komplexität, muss sichergestellt werden, dass der Ansatz praxisorientiert sowie robust ist, und die entsprechenden Prüfsysteme bedienerfreundlich gestaltet sind. ●

Dagmar Metzger  
Vertriebsleiterin  
RTE Akustik + Prüftechnik GmbH

**WIBU**  
SYSTEMS

## Das Zeitalter der Cloud-Lizenzen beginnt jetzt

Ihre Lizenzen in der Cloud für Homeoffice-Arbeitsplätze sind bis zum 30. Juni kostenlos.

- Keine Dongles zu versenden
- Keine VPN-Einrichtung erforderlich
- Sicherheit auf höchstem Niveau
- Maximale Skalierbarkeit



Fordern Sie Ihren CmCloudContainer an [s.wibu.com/cloud](https://s.wibu.com/cloud)

+49 721 931720  
sales@wibu.com  
www.wibu.com



SECURITY  
LICENSING  
PERFECTION IN PROTECTION



# Wägen an Bord eines schwankenden Schiffes

MICHAEL ZIMMERMANN

Ob ein Wägesystem an Bord eines Schiffes von industriellem Ausmaß oder eine kleine Waage in der Werkstatt – bei allen Arten des Wiegens gelten ähnliche Herausforderungen hinsichtlich der genauen Massenkontrolle, die sich direkt auf Kosten und Gewinnspanne auswirken. Neben diesen Faktoren müssen Anwender auch spezielle Anforderungen hinsichtlich der Arbeitsumgebung beachten.

Vor allem das präzise Wägen an Bord eines Seefischereifahrzeugs stellt aufgrund ständiger Bewegungsschwankungen keine leichte Aufgabe dar. Zum einen sorgt der Seegang dafür, dass das Schiff schaukelt und wankt. Zum anderen verursachen Motoren, Seilwinden und dergleichen zahlreiche Vibrationen in Zusammenhang mit den internen Oberwellen. Doch wie lässt sich dieses Problem effektiv lösen?

Bevor der Fisch auf dem Teller landet, durchläuft er eine Reihe logistischer Prozesse. Bei allen spielt das Gewicht eine zentrale Rolle. Ob beim Wiegen der einzelnen Fische, bereits gefüllter Kisten oder ganzer Paletten – speziell für die Fischindustrie entwickelte Wägesysteme ermöglichen das Wiegen an Bord mit Ausgleich der Wellenbewegungen und gewährleisten so die schnelle und präzise Fischverarbeitung.

Jeder Teilabschnitt des Wiegeverfahrens erfordert allerdings eine eigene Herangehensweise und entsprechende Technik. Vor allem beeinflussen das Über- sowie Untergewicht der Fischchargen das Prozessgeschehen. Denn ungenaues Wiegen erhöht nicht nur den Ausschuss, sondern sorgt zudem für verspätete Lieferungen sowie einen potenziellen Verlust.

Genauere Dosierungen sorgen neben der Einsparung von Energie vor allem für die





Zuverlässiges Wiegen vermeidet überflüssige Belastung der Kühlaggregate.

schnelle und effiziente Befüllung von Kisten. Durch eine Unterdrückung der Motorvibrationen ermöglicht es das bewegungskompensierende Wagen, äußere Einwirkungen auf das Schiff auszugleichen. Eine spezielle Messgeschwindigkeit und die interne Auflösung des Wiegegerätes sorgen für den arithmetischen Ausgleich. Dies bedeutet, dass trotz der ständigen Bewegungen des Schiffs der Anwender das Gewicht der Fische pro Kiste genau bestimmen kann, da keine Beeinträchtigungen durch ein Schaukeln oder Wanken existieren.

Durch die Einwirkungen des Seegangs auf das Schiff bewegt sich die Waage nicht nur auf und ab, sodass sie abwechselnd Be- und Entschleunigung erfährt, sondern sie neigt sich gleichzeitig um zwei Achsen. Neben der automatischen Kompensation dieser Faktoren passt sich das System an mögliche Unterschiede in der lokalen Gravitationsfeldstärke an.

Zusätzlich besteht die Konstruktion aus seewasserbeständigem und hermetisch abgedichtetem Edelstahl, was den Einsatz auf dem Wasser ermöglicht. Das

Verfahren arbeitet so genau, dass der Anwender den Wägevorgang gemäß den gesetzlichen Bestimmungen und internationalen Handelsnormen durchführt. Daneben besitzt das System – basierend auf zahlreichen patentierten Produktentwicklungen – eine Bauartzulassung mit einer Genauigkeit von 2500 d (0,04 Prozent). So ist etwa die zusätzliche Kontrolle bei der Fischauktion überflüssig, da der Fischer schon auf dem Schiff genaue Informationen über seine Fangmenge erhält. Dies spart zum einen Zeit und schafft zum anderen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil.

### Einsparung durch Technologie

Zuverlässige Wiegedaten stellen die Basis für die chargenweise Dosierung der gefangenen Fische dar. In der Praxis ermöglicht es das bewegungskompensierende Wiegen, Chargen mit einer für diese Einsatzbedingungen geringen Fehlergrenze von etwa 0,5 Prozent zusammenzustellen. Mithilfe individueller Technik dosiert der Fischer die Menge sorgfältig und reduziert

gleichzeitig die Abgabe durch Übergewicht.

Da der Fang in den meisten Fällen direkt nach dem Sortieren eingefroren wird, berechnen Fischer die Größe der Gefrieranlage mit der vom Kunden bestellten Menge. Deshalb gilt es die Fischchargen genau abzuwiegen – denn je genauer das Gewicht, desto weniger Übergewicht existiert und es kann eine effiziente Beladung der Tiefkühler stattfinden.

Gefrierkapazitäten und damit einhergehende Mehrkosten lassen sich wirksam einsparen. Darüber hinaus bedeutet ein reduziertes Übergewicht, dass die Gefrieranlage weniger Energie benötigt. Neben wirtschaftlichen Einsparungen spricht diese Art des Wiegens auch für eine ökologische Nachhaltigkeit. Gleichzeitig landet der Fisch für den Verbraucher noch frischer auf dem Teller. ●

.....  
*Michael Zimmermann*  
*Regional Sales Manager*  
*Penko Engineering B. V.*  
 .....



WEARABLES

## Nymi

Nymi Wearables für den Arbeitsplatz kombinieren biometrische Authentifizierung, Verschlüsselung und Endverbraucher-Technologie zu Lösungen, die den Menschen auf sichere, private und nahtlose Weise in ein Netzwerk einbinden. Mit der Enterprise Edition stellt Nymi eine innovative Authentifizierungslösung vor. Die umfassende Lösung besteht aus dem Wearable (Nymi Band) mit biometrischer Multifaktor-Authentifizierung und einer Unternehmenslösung für die Verwaltung, das Management und die Integration in Identity-Systeme besteht. Die Authentifizierungslösung für Unternehmen verbindet die IT-Sicherheit, Datenschutz und hohe Benutzerfreundlichkeit miteinander. Zu jedem Arbeitsbeginn muss der Mitarbeiter nur das Band anlegen und das Band entsperren. Das dauert etwa 15 Sekunden, dann ist das Band aktiv und kann vom Mitarbeiter zur Authentifizierung genutzt werden. Die On-Body-Erkennung bietet eine weitere Sicherheitsebene: Das Band ist nur dann aktiv und kann nur dann für Authentifizierungsprozesse eingesetzt werden, wenn es sich am Handgelenk des Nutzers befindet.

[www.nymi.com](http://www.nymi.com)



3D-WEISSLICHT-SCANNING

## Hexagon

Mit dem neuen Flächenscanner RS-SQUARED verfügen mobile Messarme erstmals über Streifenlicht-Scanning-Technologie. Der Flächenscanner für den Absolute Arm von Hexagon Manufacturing Intelligence kombiniert die Leistungen eines Flächenscanners mit denen eines mobilen Messarms. Der Flächenscanner wurde eigens für das High-Speed-Scanning einfacher Formen und Oberflächen konzipiert. Er misst Teile schneller als herkömmliche Laserscanner und andere Streifenlichtscanner. Dank der Kombination aus einem flexiblen mobilen Messarm mit dem schnellen Streifenlicht-Scanning erfasst er bis zu vier Kacheln mit 3D-Punktclouds pro Sekunde, wobei die hohe Messgenauigkeit des Tasters selbst in schwer zugänglichen Bereichen gewährleistet ist. Wie die Laserscanner-Systeme RS6 und RS5 kann der RS-SQUARED jederzeit vom Arm abgenommen und ohne Rekalibrierung durch andere Sensoren oder Taster ersetzt werden.

[www.hexagonmi.com](http://www.hexagonmi.com)



ROBOTERSCHWEISSEN

## EWM

Lückenlose Dokumentation und Qualitätssicherung werden beim Roboterschweißen immer wichtiger. Mit ewm Xnet, dem digitalen Welding-4.0-Qualitätsmanagementsystem fürs Schweißen, gibt die EWM AG ihren Kunden aus Industrie und Handwerk eine umfassende, vielseitige und einfach zu bedienende Lösung an die Hand. Die erkennt dank der Schweißdatenerfassung und Analyse in Echtzeit Parameteränderungen, signalisiert sie und kann so Fehlern vorbeugen. Neben EWM-Stromquellen können nun auch Schweißgeräte beliebiger Hersteller ins Netzwerk eingebunden werden. ewm Xnet verfolgt die Parameter über den gesamten Schweißvorgang und berichtet in Echtzeit, falls es zu Ungereimtheiten kommen sollte. Der Schweißprozess kann so beendet werden, ohne dem Produkt zu schaden. Auftragsnummern, Bauteilgruppen, Chargen oder Seriennummern können über die Eingabe eines Industriescanners erfasst und dem Schweißvorgang zugeordnet werden.

[www.ewm-group.com](http://www.ewm-group.com)





## REMOTE SUPPORT

### Sesotec

Damit Metalldetektoren, Röntgeninspektions-, Sortier- und Materialanalysensysteme jederzeit zuverlässig funktionieren, bietet Sesotec vom Standort in Deutschland aus den Remote Support. Häufig können Störungen an Metalldetektoren, Röntgeninspektions-, Sortier- und Materialanalysensystemen auch über Remote Access behoben werden. Servicetechniker haben über Ethernet Direktzugriff auf die Maschinen und Anlagen und können Fehleranalyse, Optimierungen und Parametereinstellungen vornehmen. Viele der Geräte von Sesotec bieten diese Funktionalität standardmäßig. Wenn Kunden prüfen möchten, ob ihr Sesotec-

System über Remote Access verfügt, muss dazu das Kontaktformular im Internet ausgefüllt werden. Im Sesotec-Service-Center werden die Daten abgeglichen. Anschließend wird eine Rückmeldung an den Kunden gegeben. Angeboten wird auch videogestützter Support mit Augmented Reality. Hierzu muss eine kostenlose App geladen werden. Das Sesotec Support Center betreut anschließend die Kunden Schritt für Schritt bis zur Behebung des Zwischenfalls.

[www.sesotec.com](http://www.sesotec.com)



## VERNETZUNG

### Ams.Solution

Maschinenbauer müssen möglichst viele Informationen über ihre Anlagen besitzen, um auf Basis digitaler Service-Modelle zusätzlichen Umsatz zu generieren. Die ams.Solution AG hat dazu mit ams.machineAnalytics ein einfach zu implementierendes Produkt zur Vernetzung von Produktionsanlagen entwickelt. Bislang galt sowohl die eigentliche Vernetzung der Produktionsanlagen als auch die Verarbeitung und Analyse der gesammelten Massendaten als äußerst aufwendig. Mit ams.machineAnalytics entfällt der größte Teil dieses Projektaufwands. Auch ältere Anlagen lassen sich im Retrofitverfahren rasch und ohne hohen Kostenaufwand intelligent machen, indem die Daten über die neuentwickelte IoT ConnectBox abgegriffen werden. Die Einrichtung der BI-Plattform für die Analyse und Weiterverarbeitung der aggregierten Daten in der Cloud gestaltet sich ebenfalls sehr einfach und anwenderfreundlich. Auf Basis der vielfältigen und individuellen Auswertungsmöglichkeiten lassen sich in der Business-Software ams.erp flexible Workflows und Aktionen definieren.

[www.ams-erp.com](http://www.ams-erp.com)



## PRÜFMASCHINEN

### Zwick Roell

Die Linearprüfmaschinen der LTM-Baureihe von Zwick Roell eignen sich für Ermüdungsprüfungen an Verbundwerkstoffen. Sie sind dank ihrer Bauweise auch für quasi-statische Prüfungen einsetzbar. Erhältlich für Prüfkraft bis zu 10 Kilonewton können LTM-Prüfmaschinen Frequenzen bis 100 Hertz erzeugen. Dank des ölfreien, rein elektrisch betriebenen Antriebs und der Luftkühlung sind sie sparsam im Betrieb und benötigen weder Hydraulik- noch Druckluftleitungen im Prüflabor. Zudem verfügen die elektrodynamischen Linearmotorprüfmaschinen über einen Stellantrieb mit hohl ausgeführtem Aktuator. Er bietet Platz für das Wegmesssystem und erlaubt es, den Wegaufnehmer direkt auf der Kraftachse und in unmittelbarer Nähe der Probe zu installieren. Diese Anordnung bietet hohe Wiederholbarkeit der Prüfpunkte und zugleich äußerst präzise Wegmessungen des Stellantrieb-Prüfkolbens.

[www.zwickroell.com](http://www.zwickroell.com)



## Betriebsdaten können in der Fabrik bleiben

BERNHARD FOITZIK

Unter dem industriellen Internet der Dinge (Industrial Internet of Things, IIoT) versteht man die Vernetzung von Geräten zum Zweck der Interaktion und des Datenaustauschs. Ein besonderes Portal kann Produktionsmaschinen unterschiedlicher Generationen und Hersteller in einer Fabrik verbinden. Es ermöglicht eine umfassende Datenanalyse entlang der gesamten Prozesskette – ein entscheidender Schritt in Richtung Smart Factory.

Bilder: Fanuc



Die IIoT-Plattform von Fanuc ermöglicht, bessere Schlussfolgerungen aus Datenströmen zu ziehen sowie Prozesse effizienter zu organisieren.

Das System, das von Fanuc zuerst in Japan in Betrieb genommen wurde, zeichnet sich durch besondere Merkmale aus, die es von anderen IIoT-Lösungen unterscheiden: Das Field System (Fanuc Intelligent Edge Link & Drive System) sammelt und analysiert Maschinendaten vor Ort (edge heavy). Die Daten werden direkt in der Fabrik verarbeitet, wodurch der Produktionsprozess beschleunigt und effizienter wird.

Im Unterschied zu anderen IIoT-Plattformen lässt die IIoT-Plattform den Nut-

zern die Wahl, ob sie ihre Produktionsdaten in der Fabrik behalten oder in eine externe Cloud hochladen und speichern möchten. „Das Field System arbeitet in erster Linie lokal. Es ermöglicht eine schnelle Reaktion im laufenden Produktionsprozess ohne Verbindung zu einer Cloud“, sagt Shinichi Tanzawa, Präsident und CEO von Fanuc Europe. Wenn Nutzer jedoch Daten für zukünftige Analysen speichern oder eine Datenanalyse über verschiedene Produktionsstandorte hinweg durchführen möchten, können sie dies

mittels einer Cloud-Lösung tun. Außerdem können Kunden Apps per Cloud herunterladen.

Eine weitere Besonderheit ist die Offenheit der Plattform. Während Maschinen mit Standardprotokoll einfach angeschlossen werden können, lassen sich für alle anderen Maschinen entsprechende Konverter entwickeln. Die Plattform ist somit in der Lage, Maschinen aller Hersteller und Generationen zu verbinden und einen Überblick über den gesamten Produktionsprozess zu geben.



Das Ziel der IoT-Plattform besteht darin, alle Geräte innerhalb der Produktion miteinander zu verknüpfen.



Die IoT-Plattform von Fanuc kann mit übergeordneten Systemen wie ERP, SCM oder MES verknüpft werden.



Die Software der offenen Fanuc-Plattform verbindet Maschinen jeglicher Art mit Hilfe eines interaktiven Webs.

Die Apps der Plattform werden nicht nur von Fanuc selbst, sondern auch von Drittanbietern wie Softwareentwicklern und Systemhäusern angeboten. Auch Endkunden können eigene Apps entwickeln. Diese Offenheit hat nur ein Ziel: Sie soll die Effektivität und Qualität des Produktionsprozesses optimieren sowie die vorausschauende und präventive Instandhaltung verbessern.

Zwei der Fanuc-eigenen Apps PMA (Production Monitoring and Analytics Software) und ZDT (Zero Down Time) gehören zu den wichtigsten bestehenden Anwendungen für das Portal. PMA wird zur Kontrolle und Visualisierung des Produktionsprozesses genutzt. Auf dem Monitor sehen Nutzer auf einen Blick, ob alle angeschlossenen Maschinen regulär laufen und welche Geräte von einem Stillstand betroffen sind. Die App erleichtert auch die Fehleranalyse anhand des Signalverlaufs.

### Vorbeugende Wartung

ZDT ist ein Tool, das die vorausschauende und vorbeugende Instandhaltung unterstützt. Die App überwacht kontinuierlich den Zustand der Maschinen, analysiert Daten und identifiziert Trends wie Drehmomentänderungen und Störmomente. Alle Ausfallzeiten, Fehlerursachen und die Fehlerhistorie werden visualisiert.

Wenn Anomalien festgestellt werden, empfiehlt das Tool den Bedienern, vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen. Die App konzentriert sich auf Roboter, CNC und Maschinen von Fanuc. Mit ihr können

nicht nur Roboterachsen, sondern auch Servoantriebe in der Peripherie, Antriebe von Servoschweißzangen oder Positionierische überwacht werden. „Die Analyse von Echtzeitdaten kann Unternehmen helfen, die Qualität und Leistung von Systemen und Prozessen zu verbessern und die Produktivität deutlich zu steigern. Unsere europäischen Kunden sind sehr an solchen KI-Lösungen interessiert“, erklärt Tanzawa.

### Apps von Drittanbietern

Neben eigenen Softwareentwicklungen setzt das Portal auf intelligente Drittanbieter-Applikationen. Das Field System ist als offene Plattform konzipiert. In Japan arbeitet Fanuc zur Optimierung und Weiterentwicklung mit mehr als 500 Partnerunternehmen zusammen, darunter zahlreiche Softwareentwickler. In Europa wird die Zahl der Partnerunternehmen eben-

falls sukzessive ausgebaut. Die App von Open Data beispielsweise erfasst in Echtzeit die OEE (Overall Efficiency of Equipment) des gesamten Produktionssystems und visualisiert die Daten auf einem Dashboard.

Zu den weiteren Tools gehört die Daily Check of Equipment App zur einfachen und zuverlässigen Durchführung und Aufzeichnung täglicher Kontrollen. Prüfpositionen werden durch Lesen des QR-Codes auf dem Gerät angezeigt und Aufzeichnungen können durch Ausfüllen, Auswahl oder Fotografieren eingegeben werden. Die CNC-Programm-Changes-App protokolliert Bearbeitungsdaten und identifiziert Fehlerursachen, die auf Programmänderungen zurückgehen. ●

*Bernhard Foitzik  
Freier Journalist für Fanuc  
FANUC Europe Corporation S.A.*



Fanucs offene Plattform Field System konzentriert sich auf die simultane Benutzung von verschiedenen IIoT-Applikationen innerhalb einer Produktionsstätte.



# Die nächste Generation Roboter ebnet den Weg zum Dark Warehouse

JESSICA HEINZ

Regalbediengeräte, fahrerlose Transportsysteme und Multishuttle-Systeme: Die Anforderungen an intralogistische Automatisierung verändern sich permanent. Das hat mit Technologiesprüngen zu tun und auch mit einer sich wandelnden Gesellschaft. In der Robotik sehen die Automatisierungsexperten von Dematic viel Potenzial für das Warenlager der Zukunft.

**F**rüher musste alles strukturiert sein: Roboter, das waren Maschinen, die ein und denselben Arbeitsschritt immer und immer wieder vollführt haben. Dazu musste der Gegenstand, den sie bearbeiten sollten, exakt an derselben Stelle zu finden sein. Meistens war er auch identisch geformt. So war es Robotern möglich, in einem Warenlager Großaufträge zum Transport bereit zu stellen. Das

reicht heute nicht mehr aus. „Das ist eine ganz neue Form an Komplexität“, erklärt Crystal Parrott, Global Vice President des Robotics Center of Excellence von Dematic. Die Maschine muss unterschiedliche Gegenstände in unterschiedlichen Positionen greifen. Dabei weiß sie noch nicht einmal, welcher Gegenstand ihr als nächstes vorgesetzt wird.

Das Warenlager der Zukunft wird nahe-

zu komplett automatisiert sein. Maschinen und Technik übernehmen nicht mehr nur monotone, standardisierte Arbeitsschritte, sondern sollen aufgrund ihrer gesammelten Daten und ihrer Analysefähigkeit selbst Entscheidungen treffen. Wenn sie das beherrschen, werden Effizienz und Schnelligkeit verbessert – ein Warenlager, in dem Menschen nicht mehr körperlich arbeiten müssen und somit

Fotos: Dematic



Sämtliche Funktionen im lagerlogistischen Betrieb werden automatisiert.



Kommissionierroboter werden in Warenlagern Großaufträge zum Transport bereitstellen.

die Beleuchtung ausgeschaltet werden kann. Oder zumindest deutlich heruntergedimmt wird. Daher der Begriff Dark Warehouse.

Eine Branche forscht daran, Maschinen beizubringen, wie sie Gegenstände aus einer Kiste holen, die alle unterschiedlich aussehen, weich sind oder hart, vielleicht eine fettige Oberfläche haben, oder wo dieselbe Ware gestern noch in einer komplett anderen Verpackung steckte. Technisch geht das mit Finger-Greifern oder mit Hilfe von Vakuum. Aber die Roboter müssen deutlich intelligenter werden. „Sie müssen wissen, wo genau sich ihr Arm in Relation zum Produkt befindet“, beschreibt Parrott. „Wo setze ich an? Dafür brauche ich Augen.“ Sprich: Kameras und Sensoren, die wiederum nicht ausreichen ohne künstliche Intelligenz, die steuert und das, was sie sieht, umrechnet in Bewegung.

„Der Ingenieur der Zukunft muss verstärkt interdisziplinär denken“, bekräftigt Claudia Olsson, Gründerin von Stellar Capacity und Young Global Leader des World Economic Forums. Viele der Begrenzungen von Robotik seien dabei, sich aufzulösen: „Es gibt Cobots, Cyborgs und alle Arten von Variationen. Unsere Definition vom Roboter als Maschine aus Metall, die nur begrenzte Aufgaben übernehmen kann, wird sich deutlich erweitern.“

### Wo liegt der Wettbewerbsvorteil?

Eine weitere Anforderung an den Roboter der Zukunft rückt in den Fokus: Seine Mobilität. Er wird nicht mehr an einem Ort stehen. Lange Zeit war das FTS die Lösung in dieser Richtung. Das allerdings musste geleitet und angewiesen werden. Künftig wird es durch autonome mobile Roboter (AMR) ergänzt, die selbstständig ihren Weg suchen und bei einem Hinder-

nis nicht einfach stoppen, sondern es schlau umfahren.

„Ein fahrender Roboter allein nützt noch nichts“, gibt Parrott zu bedenken: „Am besten ist, wenn man beides kombiniert: Vielleicht kann der Roboter seine Produkte greifen und sortieren, während beide sich bewegen, sodass Pickrate und Produktfluss noch effizienter werden?“ Die Folge wäre, die Innenarchitektur von Warenlagern komplett neu zu denken. Zum Beispiel, weil der Roboter nicht nur zum Regal fährt, sondern das Regal direkt mitbringt. „Die aktuellen technologischen Entwicklungen bieten die Chance, den gesamten Warenprozess anders zu planen“, sagt Parrott. Alles wird modular, alles wird beweglich.

Technik und Mechatronik seien künftig die Rohstoffe, aber Software und effiziente Planung machen den Wettbewerbsvorteil aus. Parrott bekräftigt: „Unser erklärtes Ziel ist, sämtliche Funktionen im lagerlogistischen Betrieb zu automatisieren, bei denen Roboter arbeiten, während Menschen sie managen.“ Künftig wird es vor allem darum gehen, Anwendungen flexibel für den jeweiligen Kunden zu adaptieren. Eine Herausforderung für die gesamte Automatisierungsbranche ist noch immer das Ausladen von Waren und die Auftragsabwicklung.

### Die Zukunft ist näher als gedacht

Die Einführung des 5G-Standards und die Möglichkeiten durch Cloud-Computing werden zusätzliche Möglichkeiten für Innovation freisetzen. Mit 5G können

noch mehr Daten noch schneller übertragen werden. „Wenn die Fahrzeuge und Geräte im Dark Warehouse miteinander kommunizieren sollen, müssen sie das möglichst kontinuierlich tun“, schildert Parrott die Anforderung.

5G wird die Datenmengen ermöglichen. Durch die Cloud erst lässt sich künstliche Intelligenz konsequent vernetzen. Dann können sich zum Beispiel FTS und AMR gegenseitig abstimmen und ihre Daten austauschen – mit dem Regal, den menschlichen Mitarbeitern und den Produkten selbst. Größere Bandbreite erlaubt künftig auch die virtuelle Simulation von Maschinen, sogenannte digitale Zwillinge, die sich dann aus der Ferne bedienen und warten lassen, ohne dass ein Mensch das Lager betreten muss – bis hin zur Simulation des kompletten Lagers und seiner Warenflüsse.

„Aktuell denken wir oft noch in einzelnen Maschinen“, prophezeit Technologieexpertin Olsson einen Paradigmenwechsel: „Künftig werden diese Maschinen so zusammenarbeiten, dass sich daraus eine große, integrierte Maschine ergibt.“ Eventuell wird das Lager auch zur Materialandienung für sehr individuelle, maßgeschneiderte Kundenanforderungen, die just-in-time in Produktion oder im 3D-Drucker realisiert werden. „Die nächste Generation an Robotern kommt“, betont Parrot. ●

Jessica Heinz  
Leitung Marketing und Kommunikation  
Dematic GmbH



# Komplexe Produktion, sicher und zuverlässig dank Zusammenarbeit zwischen Mensch und Robotik

PHILIPP MARB

Moderne Fertigung erfordert die pünktliche Lieferung passgenauer Komponenten an Arbeitskräfte und Montageroboter am Band oder an flexiblen Fertigungsinseln. Der automatische Teiletransport mittels fahrerloser Transportsysteme (FTS) birgt enorme Chancen. Im Vergleich zu rein manuellen Prozessen kann die Effizienz massiv gesteigert werden. Der Schlüssel: Die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Robotik, die eine hochflexible und gleichzeitig zuverlässige Produktion möglich macht.

Bilder: Grenzebach



In Neckarsulm werden die fahrerlosen Transportfahrzeuge auf drei Ebenen eingesetzt. Sie nutzen dafür über den Flottenmanager die Aufzüge.

**N**icht nur aus Effizienz-, sondern auch aus Sicherheitsgesichtspunkten ist zur Koordination der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Robotik der Einsatz verschiedener Technologien notwendig. Wie bewegen sich FTS in einer Produktionsumgebung, in der Menschen arbeiten und auch Hindernisse wie über-

stehende Bauteile lauern? Wie kommunizieren sie mit vorhandener Peripherie wie Aufzügen und Hallentoren?

Grenzebach bietet unterschiedliche Fahrzeugtypen je nach geplantem Einsatzgebiet. Für den automatischen Teiletransport in Produktionsumgebungen kommen häufig Fahrzeuge vom Typ L1200S zum

Einsatz. Diese FTS bewegen sich autonom mittels Konturnavigation. Dabei bestimmen zertifizierte Laserscanner am Fahrzeug aus Reflektionen der Umgebungsmerkmale die Position des Fahrzeugs.

Es ist nicht notwendig, Kontaktschleifen oder optische Hilfsmittel am Boden der Fabrik zu verlegen. Auch Schutzzonen

für die Fahrzeuge müssen nicht eingerichtet werden. Das erleichtert die Integration in bestehende Umgebungen sowie das Zusammenspiel mit manuellen Prozessen wie konventionellen Routenzügen.

In Produktionsumgebungen mit Personen- und Maschinenverkehr sind die FTS mit verschiedenen Sicherheitstechnologien ausgestattet. Die Erkennung von Personen im Fahrbereich gehört bereits zum Standard und ist vorgeschrieben. Ein 2D-Laserscanner tastet hierfür den Boden in Fußhöhe nach Hindernissen ab. Werden dabei Personen erkannt, bleiben die Fahrzeuge stehen. Ist das Hindernis nicht mehr erkennbar, wird die Fahrt selbstständig fortgesetzt.

#### Zuverlässige Kommunikation

Ein neues System verbessert die Hinderniserkennung: Es erfasst einen größeren Bereich und nimmt auch Objekte wahr, die der Sensor in Fußhöhe nicht erkennen kann. Beispielsweise überstehende Bauteile in Hüfthöhe, halb geöffnete Hallentore oder die Zinken eines Gabelfahrzeugs.

Bei der sogenannten Fahrbereichsüberwachung werden Geschwindigkeit und Beladung vom System bei der Detektion berücksichtigt. Das reduziert Störungszeiten in der innerbetrieblichen Logistik weiter. Zur besseren Nachverfolgbarkeit werden die Informationen als schematisches Bild gespeichert. Einzelpersonen und Objekte sind nicht eindeutig erkennbar. Damit ist auch der Datenschutz gewährleistet.

Viele Produktionsumgebungen erfordern eine zuverlässige Kommunikation mit Peripherieanlagen. So wird die Grenzbauchlösung für den automatischen Teiletransport am Audi-Standort Neckarsulm auf drei Ebenen eingesetzt. Die FTS sind über Aufzüge im Erdgeschoss, Obergeschoss und Untergeschoss der Halle unterwegs.

Die Kommunikation zwischen Aufzügen und Fahrzeugen erfolgt über den Flottenmanager des FTS Herstellers. Er koordiniert sämtliche Fahrzeuge der Flotte. Sobald diese vor den Aufzugtüren in Warteposition sind, gibt er ein Signal an den Aufzug.

Dieser meldet zurück, wenn die Aufzugtüren geöffnet sind. Der Flottenmanager lässt anschließend die Fahrzeuge einfahren. Im richtigen Stockwerk angekommen erhalten die FTS den Auftrag zum Ausfahren aus dem Aufzug sowie den Hinweis auf die Umgebungskarte des neuen Stockwerks vom Flottenmanager.

#### Digitale Integration

Neben Schnittstellen zu Logistikleitsystemen und ERP/WMS Systemen erweitern Möglichkeiten zur Auslösung von Fahraufträgen über Tasten, Wippen oder Tablets die Möglichkeiten zur Mensch-Maschine-Kollaboration und damit zur Steuerung des Logistikprozesses.

Zusätzlich zur sicheren Interaktion in der Smart Factory trägt auch die digitale Integration zu einer flexiblen und zuverlässigen Produktion bei. Mit IIoT-Plattformen wie der eigenen Entwicklung SERICY können Anwender alle Wertschöpfungsstufen der Produktion digital vernetzen und nachhaltig optimieren.

Dabei können Anlagenteile und Maschinen unterschiedlicher Hersteller integriert, deren Daten erfasst, verwaltet und ausgewertet werden. So auch Daten aus den Sicherheitstechnologien. Die Prozesse sind offen für die Eingriffe von autorisierten Benutzern, die manuell Anpassungen vornehmen können. Das macht den Einsatz für Anwender zur Steuerung der gesamten Intralogistik spannend und innovativ.

Denn IIoT-Plattformen bilden die Basis, um den Datenschatz aus dem tagtäglichen Betrieb eines Unternehmens für die Fachabteilungen von Controlling bis Arbeitssicherheit nutzbar zu machen. Die Plattform ist offen für kundenspezifische App-Entwicklungen. Das bietet Flexibilität für die Erweiterung auf Zukunftstechnologien wie künstliche Intelligenz oder Machine Learning.

.....  
*Philipp Marb*  
*Product Management Software Solutions*  
*Intralogistics*  
*Grenzbauch Maschinenbau GmbH*  
 .....

# \* be productive

\*EINE UM DAS MEHRFACHE GESTEIGERTE PRODUKTIVITÄT AUF EINER WESENTLICH KLEINEREN PRODUKTIONSFLÄCHE. DAS KÖNNEN SIE MIT FUG UND RECHT GEWINNMAXIMIERUNG NENNEN. MEHRSPINDLER VON SW IN DER MEDIZINTECHNIK. DIE INTELLIGENTE ART ZU PRODUZIEREN.

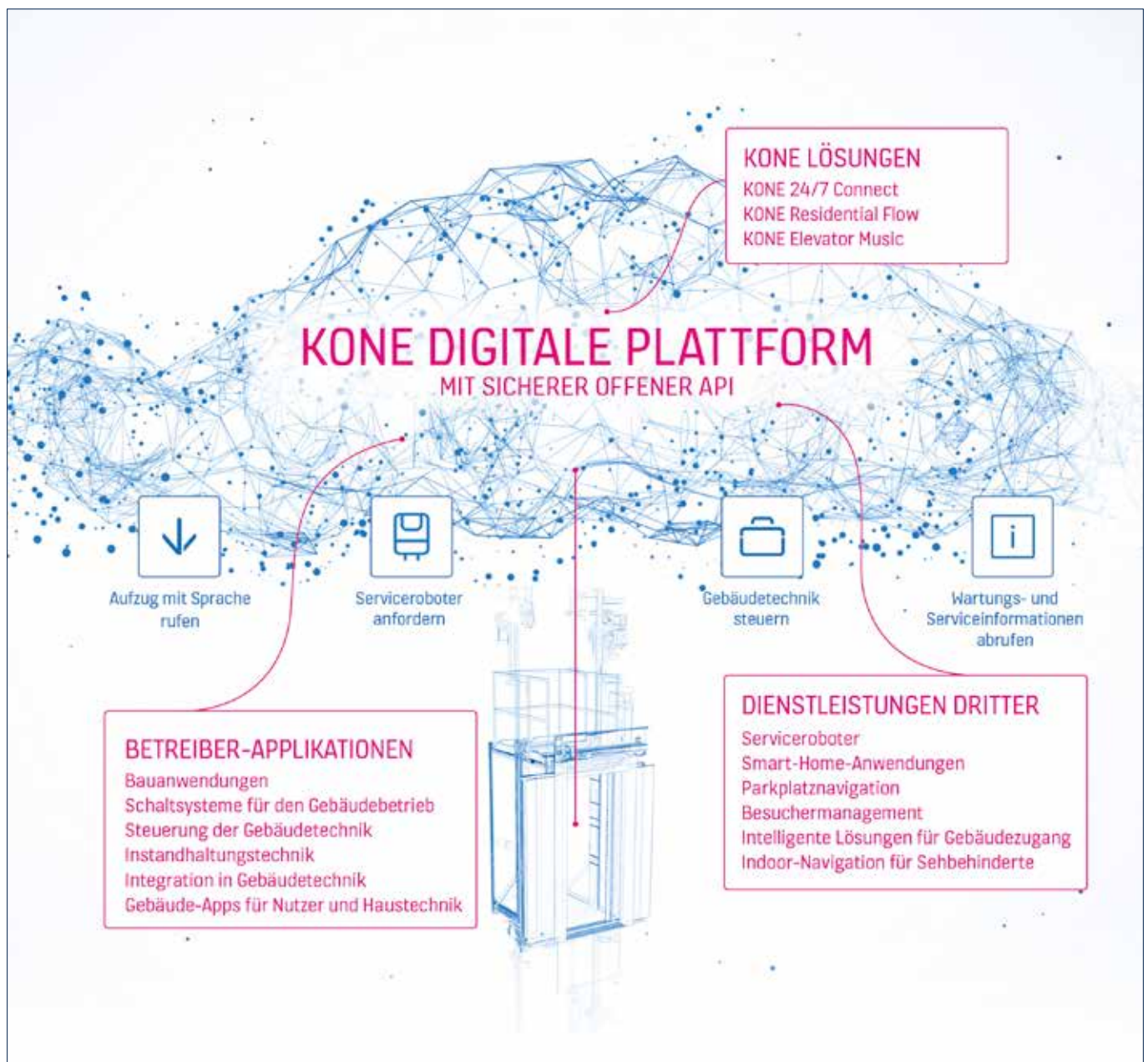


# Wenn Roboter das Aufzugfahren lernen

OLIVER ZÜCHNER

Roboter kommen nicht nur in Logistik und Produktion zum Einsatz, sondern zunehmend auch in Pflegeheimen, Krankenhäusern, Gastronomie und Hotellerie. Dort können sie als Service-roboter Menschen unterhalten, animieren, Auskunft geben, Hol- und Bringdienste leisten. Wirklich tragfähig werden viele Konzepte erst jetzt, da Roboter Aufzüge selbstständig anfordern und alle Gebäudeetagen erreichen können. Dabei zeigen sich die Vorteile einer cloud-basierenden offenen Plattform, wie sie Kone gemeinsam mit IBM aufgesetzt hat.

Bilder: Kone



Die digitale Plattform ermöglicht, Aufzüge in Dienstleistungen und Gebäudesysteme zu integrieren.



**D**ie Roboter machen mobil. Seit August 2019 bringen der Münchner Anbieter Robotise und der Aufzughersteller Kone in zwei Hotels der Stadt den 1,10 Meter hohen Automaten das Fahren mit dem Aufzug bei. Wenn alles läuft, werden die Serviceroboter voraussichtlich ab diesem Sommer ganz selbstständig den Aufzug nutzen, um Snacks und Getränke aufs Zimmer zu bringen.

„Serviceroboter helfen, den Komfort für die Gäste auszubauen. Das Interesse der Branche ist groß“, sagt Sarah Bretzler, Marketingleiterin bei Robotise. So wird Roboter Jeeves seit 2018 in mehreren Münchner Hotels eingesetzt, darunter im Nyx, um die Gäste zu betreuen. Und weil die Aufzüge von Kone stammen, wendeten sich die Entwickler des Startups an den Aufzughersteller.

Im Juni 2019 ging es richtig los: Ingenieure von Robotise kamen nach Hannover, um im deutschen Schulungszentrum von Kone die Roboter-Software mit der LCE-Steuerung eines Standardaufzugs zu verbinden. „Wir wollten sehen, wie die Systeme zusammenarbeiten und wo wir nachsteuern müssen“, erklärt Sebastian Warnsmann, der beim Aufzughersteller das Projekt betreut.

Tatsächlich war es möglich, eine funktionierende Verbindung herzustellen. Zuvor hatte Robotise die Details der Schnittstelle (API) der cloudbasierenden digitalen Plattform des Unternehmens erhalten. Auf Basis dieser Plattform können Aufzüge praktisch aller Typen nicht nur mit Servicerobotern wie Jeeves verbunden werden. Auch zu Gebäudesteuerungen, Rolltreppen, Türen und Türsprechsystemen, Zugangskontrollanlagen und anderem mehr lässt sich eine Verbindung herstellen.

Die erste Nutzung der digitalen Plattform erfolgte durch den Aufzughersteller selbst: Das Unternehmen führte 2017 die

prädiktive Anlagenwartung an: Daten der Aufzüge werden kontinuierlich in die Cloud übermittelt und durch selbstlernende Algorithmen ausgewertet, um Probleme im Vorfeld zu erkennen und ungeplante Anlagenstillstände zu vermeiden.

Seither wird das Angebot ausgebaut und immer mehr Partner werden ins Boot geholt: Amazon etwa, dessen smarter Lautsprecher Alexa seit neuestem auch den Aufzug rufen kann. Oder der Investor CA Immo, der über die Cloud die Aufzüge im gläsernen Bürowürfel cube berlin in die Gebäudesteuerung integrierte.

### Mobilität in Gebäuden

„Wir verändern uns zum Plattformanbieter rund um Mobilität in Gebäuden“, berichtet Warnsmann. Das Besondere an der Plattform ist die offene Schnittstelle, die so kein anderer Hersteller der Branche anbietet und die im Prinzip jedem zur Verfügung steht, der eine tragfähige Geschäftsidee hat. Weshalb der Aufzughersteller auch Hackathons veranstaltet, um neue Ideen zu generieren. Auf diese Weise kam der Kontakt zu Midsoft zustande, deren Blinden-App Blindsquare seit Kurzem auch Aufzüge ansprechen kann.

Die offene API vereinfacht den Anschluss von Systemen und Komponenten. Damit ermöglicht sie eine Kostenreduktion – der eigentliche Treiber der Entwicklung. Denn im Prinzip kann jeder Aufzug jedes Herstellers mit Robotern wie auch mit den technisch ähnlichen fahrerlosen

Transportsystemen (FTS) verbunden werden. In Krankenhäusern, Lagerhallen und der Industrie sind FTS im Einsatz.

„Technisch ist alles möglich. Wir haben Jeeves schon mit dem Aufzug eines anderen Herstellers verbunden“, sagt Bretzler. „Aber wenn es darum geht, Anwendungen zu standardisieren und damit in der Breite anzuwenden, ist die offene Schnittstelle von Kone ein Vorteil.“ Zumal Robotise nach dem Hotelgewerbe nun als nächstes auf Labors, Kliniken und Pflegeheime zielt.

Dabei gab es anfänglich durchaus Hindernisse. Mal schlossen die Aufzugtüren zu schnell, dann bewegten sich die Roboter zu langsam in die Kabine. Das Ergebnis: Technik auf Tuchfühlung, also direkte Berührung, die so nicht gewollt war und den Einsatz von Begleitpersonal am und im Aufzug erforderlich machte.

„Wir hätten die Türschließzeiten verlängern können. Aber dann hätten sich die Fahrzeiten verlängert“, erläutert Warnsmann. So entwickelten die Ingenieure einen neuen Befehl: Wird er von Robotern wie Jeeves über die Cloud an die LCE-Steuerung des Aufzugs gesendet, verlängert sich die Türschließzeit ein wenig. Solange allerdings mehr Menschen als Roboter in Aufzügen fahren, wird das niemand bemerken. ●

Oliver Züchner  
Fachjournalist  
für KONE GmbH



Wenn Roboter mit Aufzügen kommunizieren können, erweitert sich ihr Einsatzbereich deutlich.

# Mit Kollaboration und KI zur flexiblen Fertigung

JÖRG REGER

Individualisierte Massenproduktion in Losgröße 1: Diesem Trend wollen viele Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau gerecht werden. Hierzu sind flexible Produktionsprozesse notwendig. Der Einsatz von Robotern ist dabei entscheidend. So bleiben die Betriebe international wettbewerbsfähig und können weiterhin in den Produktionsstandort Deutschland investieren – umso wichtiger vor dem Hintergrund der aktuell wirtschaftlich schwierigen Rahmenbedingungen.

Die bislang vorherrschende Massenproduktion weicht immer mehr einem variablen Produktmix mit geringen Stückzahlen und hoher Diversität. Dementsprechend flexibel und digital muss auch die Fabrik der Zukunft gestaltet sein. Dabei sind besonders integrierte Automatisierungslösungen gefragt, die Kunden eine hohe Flexibilität, Produktivität, Qualität und ein einfaches Handling bieten. Sie ermöglichen eine bessere Zusammenarbeit über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg – sowohl hori-

zontal, etwa mit Lieferanten und Händlern, als auch vertikal innerhalb eines Unternehmens.

Beide Varianten schaffen ein besseres Kundenerlebnis und leisten einen wertvollen Beitrag, wenn es darum geht, die Wettbewerbsfähigkeit und die Effizienz zu steigern. Mit einer Investition in zukunftsfähige, roboterbasierende Produktionstechnologien können neben großen Unternehmen vor allem auch kleine und mittlere Unternehmen profitieren und darüber hinaus den steigenden Kunden-

anforderungen sowie dem Fachkräftemangel gerecht werden.

Eine immer wichtigere Rolle spielt dabei der Trend hin zu einer engeren und direkten Zusammenarbeit von Mensch und Roboter: Kollaborative Roboter wie YuMi von ABB eignen sich besonders für die Kleinteilmontage. Vor allem dann, wenn nur geringer Platz vorhanden ist sowie eine schnelle Umrüstbarkeit und ein ortsflexibler Einsatz in einer agil gestalteten Fertigungsumgebung gefragt sind.

Fotos: ABB



Konzept eines mobilen Laborroboters: Der Zweiarm-Roboter YuMi kann Fachpersonal im Krankenhaus unterstützen.



Die Automatisierung der Elektronikfertigung bei einem Kunden der Glaub-Unternehmensgruppe zeigt, wie dies funktionieren kann. Dort wurde der ABB-Roboter platzsparend in Fertigungslinien eingefügt und damit die Automatisierung vorangetrieben. In der automatisierten Baugruppenfertigung war die Durchsteckmontage von Bauteilen (THT-Fertigung) eine der letzten arbeitsintensiven Bastionen der Handarbeit. THT-Bauteile („Through-Hole-Technology“) sind Drahtbauteile, die zumeist von Hand mit ihren Drahtbeinchen durch Löcher in einer Leiterplatte gesteckt und damit zum Verlöten platziert werden.

Seit kurzem übernimmt diese Aufgabe der Zweiarmroboter. Er bestückt parallel zwei Leiterplatten mit derzeit jeweils bis zu zwei verschiedenen Bauteilen. Besonders herausfordernd: Die Toleranzen bei Bauteilen sowie den Leiterplatten müssen ausgeglichen werden, verschiedene Bestückmuster von Leiterplatten beherrscht und unterschiedliche THT-Bauteile sicher gegriffen und platziert werden.

Neben kollaborativen Robotern lässt sich jeder klassische Industrieroboter bereits heute in eine kollaborative Anwen-

dung integrieren – und gleichzeitig die Sicherheit für den Werker gewährleisten. Mit der sicherheitszertifizierten Software SafeMove2 von ABB können Menschen gefahrlos direkt mit Robotern in einem gemeinsamen Arbeitsbereich arbeiten, die bis dato autark hinter Schutzgittern agierten.

Auf die Mensch-Roboter-Kollaboration setzen verstärkt Branchen wie die Logistik, das Gesundheitswesen, der Einzelhandel sowie die Lebensmittel- und Getränkeindustrie. Im globalen Health Care Hub in Houston, Texas, arbeitet ABB zum Beispiel an einem mobilen YuMi-Roboter, der medizinisches Fachpersonal und Laborfachkräfte bei der Laborarbeit und logistischen Aufgaben im Krankenhaus unterstützen soll. Der Roboter kann potenziell ein breites Spektrum wiederkehrender und zeitaufwändiger Tätigkeiten übernehmen und unter anderem Medikamente vorbereiten, Zentrifugen be- und entladen, pipettieren, mit Flüssigkeiten umgehen sowie Reagenzgläser aufnehmen und sortieren.

Für eine zukunftsweisende Anwendung in der Logistik setzt ABB auf die Zusammenarbeit mit dem Startup Covariant. Gemeinsam wurde kürzlich eine

KI-basierende Greifanwendung zur Auftragsabwicklung in Logistikzentren entwickelt, die bereits in einem E-Commerce-Fulfillment-Center in den Niederlanden im Einsatz ist. Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz (KI) ermöglichen dort und zukünftig in weiteren Anwendungsgebieten, gesammelte Daten in nützliche Informationen umzuwandeln, sodass Roboter langfristig autonom, selbstlernend oder selbstoptimierend sein werden.

Wie hilfreich Daten für den zuverlässigen Betrieb von Robotern sind, zeigt der Einsatz von ABB Ability Connected Services bei mehr als 7000 Robotern in mehr als 750 Fabriken weltweit. Unternehmen überwachen damit den Zustand und die Leistung einzelner Roboter oder ganzer Flotten. Mit diesem proaktiven Ansatz lassen sich ungeplante Stillstände verhindern und Wartungen vorausschauend planen. ●

.....  
*Jörg Reger*  
 Leiter des Geschäftsbereichs Robotik  
 & Fertigungsautomation  
 ABB in Deutschland  
 .....



Gemeinsam mit dem Startup Covariant hat ABB eine KI-basierende Greifanwendung zur Auftragsabwicklung in Logistikzentren entwickelt.

# Erfolgreiche Cobot-Initiativen vereinen Sicherheit, Qualität und Flexibilität

PETER LANGE

Zukunftsorientierte Robotikprojekte basieren auf einem ganzheitlichen und harmonischen Zusammenspiel von Mensch und Maschine. Zukünftig werden Cobots in Kombination mit mobilen Robotern eine tragende Rolle bei der Rationalisierung logistischer Abläufe spielen. Im Zuge der technologischen Weiterentwicklung flexibler Produktionsumgebungen sind sie ein Motor für Effizienzsteigerungen in der Fertigung. Als weiterer Vorteil kommt hinzu, dass der Installations- und Programmieraufwand minimal und kein ausgewiesenes Know-how aufseiten der Anwender erforderlich ist.

Robotik und Automatisierung sind prägende Faktoren in der Diskussion um die Zukunft industrieller Produktionsverfahren. Zahlreiche Branchenexperten prognostizieren diesem Bereich enormes Wachstum – die Robotic Industries Association (RIA) geht von einer Verzehnfachung des Umsatzes aus, der bis 2025

mit Fertigungsrobotern erzielt wird. Auch für das Segment kollaborierende Roboter, sogenannte Cobots, wird für die kommenden fünf Jahre ein Wachstum von mehr als zehn Milliarden Dollar erwartet.

Während Cobots den Betrieb in der digitalisierten Fabrik signifikant erleichtern, verlangt die Planung und Umsetzung

eines entsprechenden Projekts hohe Expertise und die Bereitschaft, über den Tellerand zu blicken. Denn die Ausgangslage ist komplex: Um Risiken, Fehler und Komplexität zu minimieren und Wachstum zu unterstützen, ist es ratsam, einen Komplettanbieter zu wählen, der über ein Netzwerk an skalierbaren Systemintegra-



Cobots sind ein Treiber für Effizienzsteigerung in der Fertigung.

toren den Projekterfolg von der Planung bis zu Implementierung und Support gewährleisten kann.

Innovative Robotikkonzepte versprechen Unternehmen eine Stabilisierung ihrer Wettbewerbsposition. Um agil und flexibel zu produzieren und Produktionslinien und -layouts ohne großen Aufwand an veränderte Kundenanforderungen anzupassen, empfiehlt sich das konzertierte Zusammenspiel von mobilen Robotern und Cobots gepaart mit integrierten Apps, Kamera- sowie Vision-Technologie, Support und Risk Assessment.

Darüber hinaus nimmt die reibungslose Integration entsprechender Lösungen einen hohen Stellenwert ein, gerade wenn es darum geht, den Implementationsaufwand und die laufenden Betriebskosten möglichst gering zu halten. Vor diesem Hintergrund erweist es sich für Industrieunternehmen als vorteilhaft, auf einen einzigen Systemanbieter zu setzen anstelle einer Vielzahl von Insellösungen verschiedener Hersteller. Eine einfache Installation ist essenziell, um proaktiv agieren zu können. Dasselbe gilt für die Option, bei Bedarf Änderungen durchzuführen.

### Drei Voraussetzungen

Zukunftsfähige Produktionsstrategien zeichnen sich dadurch aus, dass sie dem Aspekt Factory Harmony den gebotenen Platz einräumen. Hinter dem Stichwort verbirgt sich ein harmonisches Zusammenspiel von Mensch und Maschine. Eine dreistufige Cobot-Strategie kann hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten: Als Weichenstellung für den erfolgreichen Betrieb empfehlen sich insbesondere Ansätze und Lösungen, die sich durch leistungsstarke Funktionen, eine sichere Anwendung sowie flexible Anpassbarkeit an neue Anforderungen auszeichnen.

Risiken für den Produktionsablauf sind je nach Art und Umfang mit Kosten in unkalkulierbarer Höhe verbunden. Cobots

verschaffen den Betrieben eine willkommene Hilfestellung – vorausgesetzt, sie sind so beschaffen, dass sie sicher und effizient an der Seite der menschlichen Arbeitskräfte funktionieren.

Neben der Zertifizierung gemäß ISO 10218 ist Investitionssicherheit ein zentraler Aspekt, damit Cobots Mehrwert entfalten können. Hinzu kommt das Erfordernis, dass sie sich innerhalb weniger Tage in Betrieb nehmen lassen, um die laufende Produktion nicht unnötig zu unterbrechen und die Kosten der Implementation zu minimieren. Spezielle Softwaretools mit einem breiten Funktionsumfang bieten die Option, die Einstellungen für die Umsetzung der ISO/TS 15066 bei der Inbetriebnahme zu erleichtern. Wer zusätzlich auf umfangreiche Machbarkeitsanalysen sowie Safety- und Support-Services setzt, entbindet Kunden von der Last, auf einen anderen Service-Provider auszuweichen und schnürt ein auf seine Anforderungen zugeschnittenes Cobot-Paket aus einer Hand.

Hohe Geschwindigkeit ist bei Prozessen im Produktionsumfeld ein hohes Gut. Dennoch kommt es manchmal eher darauf an, dass Abläufe flexibel vonstatten gehen. In diesem Fall punkten Cobots mit anwendungsfreundlichen Software-Tools und integrierten Sensorfunktionen. Dazu zählen unter anderem maschinelle Vision-Systeme mit Lokalisierungsmöglichkeiten.

Um Muster zu erkennen, Qualitätskontrollen durchzuführen, Objekte zu lokalisieren und Barcodes zu identifizieren, sind einfach zu bedienende Kamera- und Bildverarbeitungssysteme erforderlich. Der Anwendungsbereich dieser Technologien lässt sich mithilfe zusätzlicher KI-Funktionen auf Maschinenebene („AI at the edge“) entscheidend erweitern.

Fortschrittliche Systeme unterstützen die Anwender interaktiv. Beispielsweise kann ein in den Cobot integriertes Vision-System dazu beitragen, Verlässlichkeit, Konsistenz und Präzision innerhalb der

Produktionsprozesse operativ zu verbessern. Um den Bedarf nach einer skalierbaren Lösung zu decken, empfiehlt sich ein Konzept, das es zulässt, mit einem einfach integrierten System zu beginnen und dieses je nach Bedarf zu erweitern.

### Auf Teamwork setzen

Der Mangel an technischen Fachkräften setzt der Industrie zu und droht, ehrgeizige Wachstumspläne auszubremsen. Auch hier erweisen sich Cobots als zweckmäßige Hilfestellung, denn sie sind schnell, einfach und sicher zu programmieren und zu installieren.

Darüber hinaus lassen sie sich reibungslos mit anderen Systemen integrieren und werden dadurch zum integralen Bestandteil eines intelligenten Produktionsumfelds, in dem Mensch und Maschine harmonisch zusammenarbeiten. Das Zusammenspiel von mobilen und kollaborativen Robotern verschafft Unternehmen ein hohes Maß an Flexibilität, um ihre Produktionslinien schnell und kostengünstig an neue Anforderungen und immer schnellere Produktzyklen anzupassen.

Mensch und Maschine bilden in der smarten Fabrik von morgen ein Erfolgsteam, in dem die besonderen Fertigkeiten aller gezielt zum Tragen gebracht werden. Dazu können Cobots in Kombination mit weiteren innovativen Technologien einen wesentlichen Beitrag leisten. Der Erfolg entsprechender Initiativen hängt nicht zuletzt von zwei Bedingungen ab: der Wahl eines Systemanbieters, der die nötige Expertise mitbringt, und der Bereitschaft der Entscheider in Industriebetrieben, bestehende Geschäftsmodelle mit hocheffizienten automatisierten Prozessen neu zu denken. ●

.....  
*Peter Lange*  
*Business Development Manager Robotik*  
*Omron Electronics GmbH*  
 .....



---

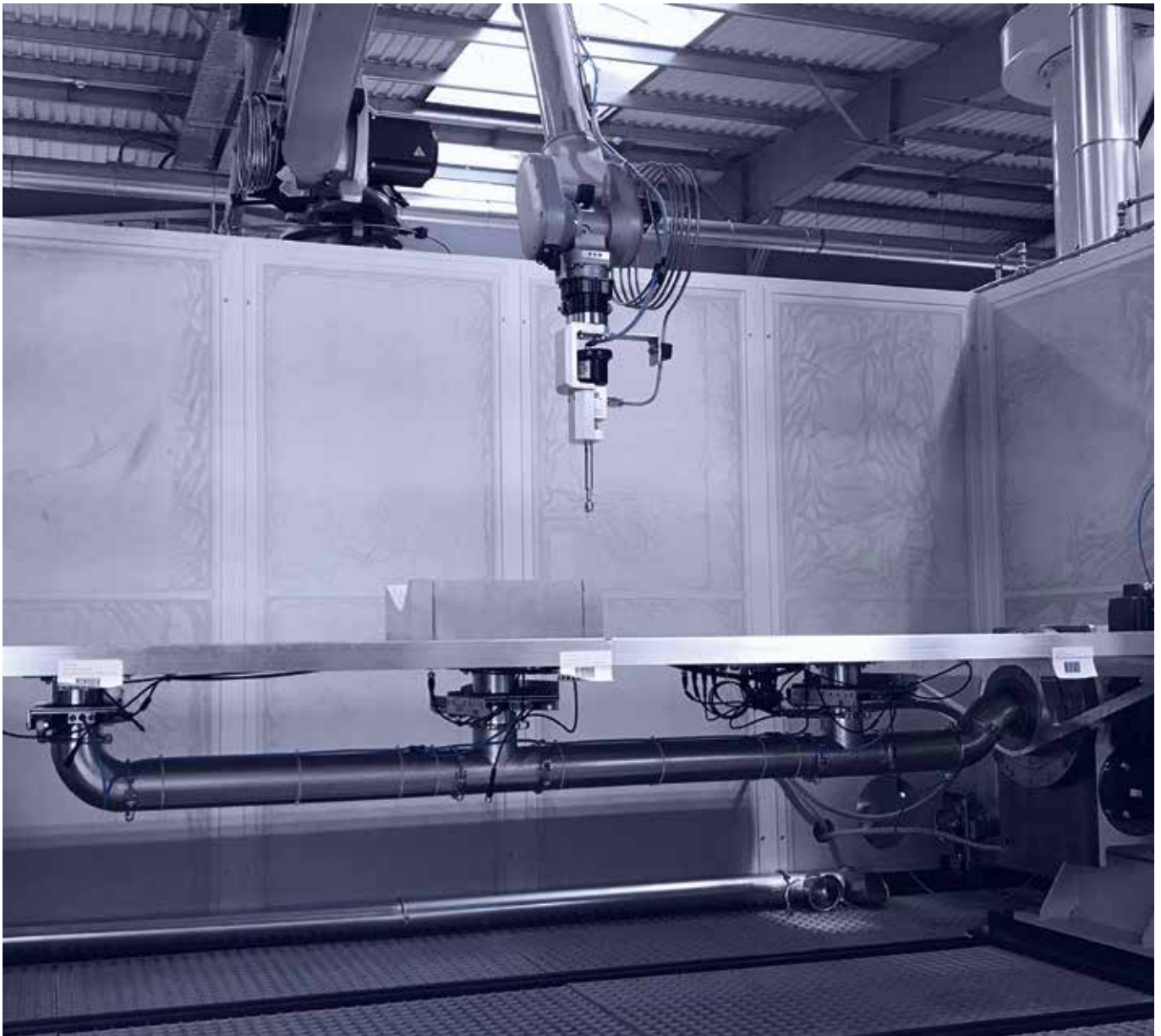
# Roboter schaffen den Sprung von der Handhabung zu Bearbeitungsaufgaben

DIRK BRISSE

Herkömmliche Industrieroboter können die hohen Anforderungen von Bearbeitungsaufgaben in CNC-Maschinen nicht erfüllen. Absolut bahntreue Bewegungsmuster, die bei Bearbeitungsprozessen notwendig sind, können nicht ausgeführt werden. Einem Team aus Robotikexperten im Bodenseeraum ist es gelungen, Roboter für solche Prozesse nutzbar zu machen – mittels optimierter Kinematik und digitaler Transformation.

---

Fotos: Mauder CNC-Robotic



Die CNC-R-Bearbeitungsmaschinen sind mit sechs Achsen und zwei zusätzlichen, interpolierenden Achsen versehen. Sie können bahngenau arbeiten.

Der erste Bearbeitungsroboter, der mit acht interpolierenden Achsen ausgestattet ist, entstand in praxisnaher Zusammenarbeit mit Siemens, Comau und der Maucher Formenbau GmbH & Co. KG 2018, sodass selbst zeit- aufwändiges Teaching entfällt. Bereits ein Jahr später entstanden serienreife Bearbeitungsmaschinen auf CNC-Robotern basierend, die am Sitz des Partnerunternehmens im schwäbischen Meckenbeuren hochanspruchsvolle Arbeiten verrichten und Komponenten für namhafte Automobilhersteller schnell und hochpräzise bearbeiten.

Durch den Einsatz neuartiger CNC-Bearbeitungsmaschinen ist das Produktionsvolumen der Maucher Formenbau deutlich gesteigert worden. Die neu gegründete Maucher-CNC-Robotic GmbH entwickelt schlüsselfertige Roboterbearbeitungsmaschinen für verschiedene Prozesse – beispielsweise das Wasserstrahlschneiden, Schweißen oder Heften. Durch kontinuierliche Forschung werden dabei immer neue Einsatzfelder erschlossen.

„Mit einem benachbarten Robotikunternehmen erarbeiteten wir gemeinsam erste Konzepte, wie die Roboter den Sprung

vom Handling zur Bearbeitung schaffen können“, erklärt Peter Strittmatter Geschäftsführer der Maucher Formenbau GmbH & Co. KG. Der Roboter fährt durch ein neu konfiguriertes Steuerungskonzept komplexe Bewegungen auch mit schwierigen Kanten bahngenau anstatt von Punkt zu Punkt ab und übernimmt dabei direkt Bearbeitungsaufgaben wie Schweißen vollautomatisch.

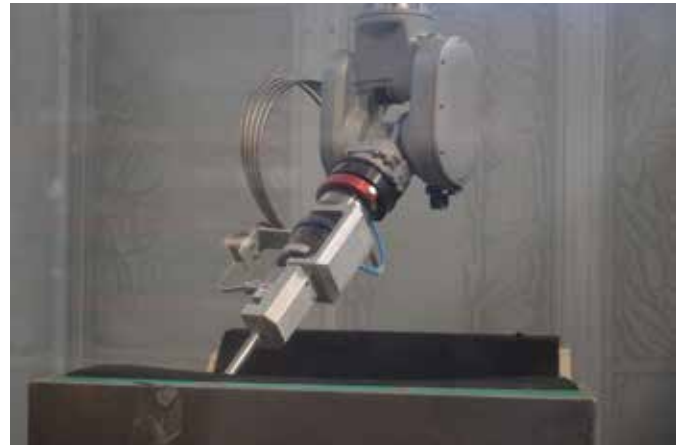
Die Roboterkinematik wurde durch Zusatzachsen erweitert und das Gesamtsystem gleichzeitig in der Bedienung vereinfacht, damit die aufwändigen Teaching-



Die Vorteile einer verbesserten Kinematik und zusätzlicher Achsen machen den Roboter für komplexe Bearbeitungsaufgaben nutzbar.



Die CNC-R-gesteuerte Klebeklettmontageanlage bestückt unterschiedliche Fahrzeuginterieurteile vollautomatisch mit Klettband.



Die Medienversorgung der einzigartigen Wasserstrahlschneidanlage mit 7-Achs-Kinematik erfolgt über Leitungen neben dem Roboterarm.

Prozesse entfallen. In die nackte 8-Achsen-Kinematik der Roboter wird die Maschinensteuerung integriert. Mit ihr ist es möglich, die Kinematik des Roboters interpolierbar mit zwei zusätzlichen Achsen in Absolutgenau und bahntreue Bewegungen zu bringen. Durch dieses erweiterte Bewegungsprofil werden Fertigungsprozesse möglich, die so bislang mit Robotern nicht realisierbar waren – beispielsweise Ultraschallschweißen oder Wasserstrahlschneiden.

**Einfache Einbindung**

Wesentliche Faktoren während der gesamten Entwicklungsphase bildeten neben einer flexiblen Programmierung der Maschinen vor allem die Digitalisierung und Verschmelzung des klassischen Maschinenbaus mit Informationstechnologien. Dazu gehört auch der Einsatz innovativer Steuerungen besonders in Bezug auf Vernetzung, Ferndiagnose und Fehlererkennung bis zur Ebene der Feldgeräte, beispielsweise Sensoren oder Aktoren.

Um auch den Einsatz in kleineren Fertigungsunternehmen zu ermöglichen, wurden die CNC-R-Bearbeitungsmaschinen so ausgelegt, dass sie kaum Produktionsfläche beanspruchen. Damit dies nicht zur Verkleinerung des Bearbeitungsraumes führt, wurde der Roboter auf einen Sockel

gesetzt, der frei positionierbar entlang der Bearbeitungszelle angebracht werden kann. Eine Verschraubung mit dem Hallenboden ist aufgrund der Konstruktion nicht notwendig.

Die neuen CNC-Roboter sind modular aufgebaut und können für verschiedene Aufgaben vordefiniert werden. Bei der Maucher Formenbau GmbH & Co. KG sind bereits mehrere im Einsatz. „Im ersten Projekt wurde mit der neuen CNC-R-Bearbeitungsmaschine das Reinwasserstrahlschneiden bei Drücken um 4000 bar für Fahrzeuginterieur-Teile mit bis zu 2,6 Metern Länge und 1,6 Metern Breite umgesetzt“, berichtet Strittmatter. „In kürzester Zeit konnte mit dieser 7-Achsen-Bearbeitungsmaschine, also Roboter in Kombination mit interpolierendem Wendetisch, 30 Prozent Taktzeit gegenüber einer 5-Achsmaschine eingespart werden, ohne dabei Qualitätseinbußen zu verzeichnen.“

Als zweites Projekt wurde eine CNC-R-gesteuerte Klebeklettmontageanlage realisiert. Darauf werden unterschiedliche Fahrzeuginterieurteile mit Klettband bestückt, wodurch diese im Fahrzeug auf einfache Weise montiert werden können. „Heutzutage werden Innenraumteile immer häufiger durch diese neue Verbindungsart in Fahrzeugen verbaut, da der verwendete Kleber in Kombination mit dem Klett Temperaturunterschiede per-

fekt ausgleichen kann“, so Strittmatter. Zudem entsteht zwischen Karosserie und Innenraum keine Lärmbrücke. Vibrationen werden komplett absorbiert.

Der Prozess läuft dabei in Bearbeitungsschritten ab, die der Roboter vollautomatisch umsetzen kann. Zu Beginn wird das Klebgranulat erwärmt und der flüssige Kleber über einen Kanal entlang des Arms gefördert. Auch der Klett wird abgerollt und in Richtung Bauteil gefördert. Der Roboter bringt zunächst den Kleber entlang einer vordefinierten Position und anschließend den Klett auf das Bauteil auf. Der Klett wird auf variable beziehungsweise vordefinierte Längen abgeschnitten und mit definierter Kraft angedrückt.

Diese Schritte mussten bisher teilweise manuell unter hohem Aufwand umgesetzt werden, da ein herkömmlicher Roboter dies in vollem Umfang nicht leisten konnte. „Auch hier zeigten sich sehr schnell die Vorteile der einfachen Programmierung. Früher hätte jedes Bauteil für sich schon viele Stunden beim Teaching verschlungen“, berichtet Strittmatter.

.....  
 Dirk Brissé  
 Geschäftsführer  
 CNC-Robotic Maucher GmbH und BBS  
 Beteiligungs GmbH  
 .....



---

# Impressum

## Herausgeber und Verlag

VDMA Verlag GmbH  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt  
www.vdma-verlag.com

## Geschäftsführung

Stefan Prasse, Holger Breiderhoff

## Verlagsleitung Zeitschriften

Manfred Ottawa  
manfred.otawa@vdma.org

## Redaktion

Georg Dlugosch  
Telefon +49 7423 8499477  
info@dlugosch.org

## Anzeigen

Verlagsvertretung  
Baden-Württemberg und Hessen  
Armin Schaum  
Telefon +49 69 95408775  
verlagsbuero.schaum@t-online.de

Verlagsvertretung  
Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen  
Gabriele Schneider  
Telefon +49 5206 91500  
g.schneider@gs-media-service.de

## Druckauflage

6620 Exemplare

## Titelbild

Motorblock  
Fotografiert von Manfred Zimmermann,  
Euromediahouse.

## Quellen, Seite 3

IG-Nobelpreise, SI-Einheiten  
TU Dortmund, Leibniz-Institut für  
Analytische Wissenschaften  
Bild: Adobe Stock / blende11.photo

## Layout und Design

VDMA Verlag GmbH

## Produktion

designtes, Frankfurt

## Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock  
GmbH & Co. KG, Frankfurt am Main

## Copyright

Veröffentlichungen in jeder Form, auch  
auszugsweise, nur mit Genehmigung der  
VDMA Verlag GmbH und unter ausführ-  
licher Quellenangabe gestattet.

## Hinweis

Gezeichnete Artikel geben nicht unbedingt  
die Meinung des Herausgebers wieder.  
Für unverlangt eingesandte Manuskripte  
haftet der Verlag nicht.

ISSN 2366-777X



**Geschäftsführer**   
**lieben FELIOS\***

\* weil die digitale Produktionsplanung einen direkten Einfluss auf die Umsatzsteigerung hat.

[www.felios.de/liebe](http://www.felios.de/liebe)

