

FUTURE MANUFACTURING

Magazin für intelligente Produktion

www.future-manufacturing.eu

2/2022



Fertigungstechnik – Innovationen in der Metallbearbeitung

Mehr Flexibilität durch mobile Robotik



Entwicklungen in der Metallbearbeitung

Zahlen, Daten, Fakten



Im vergangenen Jahr arbeiteten rund **225.000 Personen** in der Metall-
erzeugung und -bearbeitung. Schätzungen zufolge wird der Umsatz
der Branche im laufenden Jahr voraussichtlich nahezu 130 Milliarden
Euro betragen. Zudem rechnen Experten in den nächsten vier Jahren
mit einem jährlichen Wachstum von 1,26 Prozent (Compound Annual
Growth Rate 2022 bis 2025).

Vom Prototyping bis zur industriellen
Serienfertigung: Immer mehr Unterneh-
men nutzen den 3D-Druck mit Metall.
Vor allem wird die Technologie in den
Branchen Luft- und Raumfahrt, Medizin-
technik, Maschinen- und Anlagenbau,
Automobilindustrie sowie Werkzeugbau
eingesetzt. Marktforschern zufolge soll
der Markt im Zeitraum von 2021 bis 2028
um mehr als **30 Prozent** anwachsen.

Nach einem Rückgang erholt sich die Sensorik-
und Messtechnikbranche und blickt 2022 auf
ein Umsatzplus von **20 Prozent** im Vergleich
zum Vorjahr. Zudem erhöhten die Unternehmen
im vergangenen Jahr ihre Investitionen je nach
Unternehmensgröße um zehn bis zwölf Prozent
und planen, im laufenden Jahr rund elf Prozent
vom Umsatz in Forschung und Entwicklung
zu investieren.



Editorial

Intelligente Fertigung

Zwar wird der Messtechnik gelegentlich zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet, dennoch nimmt sie in der Prozesskette einen sehr wichtigen Platz ein. Denn im Endeffekt geht es bei der Produktion immer darum, Qualität zu produzieren und zu beweisen. Darum schließt eine intelligente Produktion die richtige Messstrategie von Anfang an in die Planung mit ein.

Gerade beim Tiefbohren von Motorkomponenten und anderen Zerspanungsaufgaben, die in Beiträgen in diesem Heft mit innovativen Technologien glänzen, muss die geforderte Qualität mittels Messprotokollen belegt werden. Und je schneller die Prozesse werden, desto flotter muss auch das Messen vonstattengehen, ohne an Aussagekraft und Genauigkeit einzubüßen. Das Mittel der Wahl ist Messtechnik in der Maschine, beispielsweise der kostensenkende Einsatz von Funkmesshaltern bei der In-Prozess-Messung und bearbeitungsparallele Messungen. Damit kann der Durchsatz erhöht und Ausschuss reduziert werden. Weitere Potenziale können gehoben werden, wenn man die Prozesssteuerung miteinbezieht und damit Zykluszeiten und Liefertreue bei der Herstellung verbessern lassen.

Auf dem noch jungen Feld der additiven Fertigung ist die Innovationsgeschwindigkeit ungebrochen hoch. Renommierete Forschungsinstitute forschen an der Weiterentwicklung der Prozesskette. Aber auch in den Kernprozessen der generativen Fertigung im Bereich von Pulverbett und Pulverdüse gibt es Innovationen. Hier können etwa hochkomplexe Geometrien nachhaltig in Form gebracht werden.

Ich lade Sie herzlich ein, auf den folgenden Seiten mehr über die Fertigungstechnik in der Metallbearbeitung von der Zerspanung über die additive Fertigung bis zur Messtechnik zu erfahren und wünsche Ihnen eine interessante und anregende Lektüre.



Dr. Evelin Arnold
Director UHA
Hexagon Metrology GmbH

Dr. Evelin Arnold

Inhalt

Editorial	4
● Fertigungstechnik – Innovationen in der Metallbearbeitung	
Verfahren für hohe Schnittkräfte steigern die Produktivität	6
Motorblöcke: Guss zerspanen in doppeltem Tempo	8
Messtechnik verkürzt Zykluszeiten	10
Kostenersparnis durch dynamische In-Prozess-Messung	12
Hochkomplexe Geometrien in Form gebracht	14
Gleitringdichtung in Patronenbauweise: Nachhaltig gekühlt dank additiver Bauteile	16
Additive und subtraktive Fertigung: Wechselwirkungen steigern Effizienz	18
Neues aus der digitalen Fabrik	20
● Mehr Flexibilität durch mobile Robotik	
Zwei in eins: Mobilroboter und Cobot zugleich	22
Mobile Plattformen erweitern das Spielfeld der Leichtgewichtroboter	24
Mit KI in der Robotik zu mehr Flexibilität, Resilienz und Autonomie	26
Mobile Robotik unterstützt Smart Manufacturing	28
Gefühlvolle Roboter dank Tastsinn per Sensorik	30
Wireless-Technologie eröffnet Anwendungsfelder in mobiler Robotik	32
Hybride Lösungsansätze steigern Effizienz in Produktion und Logistik	34
Kamerabasierte Sensorik für die Manipulation in der mobilen Robotik	36



NEU: Drahtwälzlager für minimalen Einbauraum

Miniaturisierung, innovative Produkte: Wir unterstützen Ihre Ideen mit neuen Lagertypen für größte konstruktive Freiheit.

Mehr zum Projekt LER1.5 für Exoskelette



Verfahren für hohe Schnittkräfte steigern die Produktivität

SEBASTIAN OEKING

Bearbeitungen mit hohen Vorschüben steigern die Produktivität und verkürzen die Bearbeitungszeit. Passgenaue Lösungen für das Hochvorschubdrehen und das Gewindestechen sind hierfür unerlässlich. Diese Werkzeuge sind speziell auf hohe Schnittkräfte ausgelegt, ihre innovativen Beschichtungen können dazu beitragen, die Einsatzgebiete weiter zu vergrößern.

Das Hochvorschubdrehen ist die schnellste Form des Drehens. Um wirtschaftliche Prozesse zu erzielen, müssen spezielle Herausforderungen gemeistert werden. „Beim konventionellen Drehen kommen größtenteils Einstellwinkel zwischen 75 und 95 Grad zum Einsatz.

Bei der Hochvorschub-Variante liegen die Winkel zwischen zehn und 20 Grad, um eine geringere Spandicke bei vergleichbar hohen Vorschüben zu erhalten. Dies sorgt für eine reibungslose Spanabfuhr und hohe Prozesssicherheit“, beschreibt Jonas von Kahlden, Produktspezialist Drehen bei

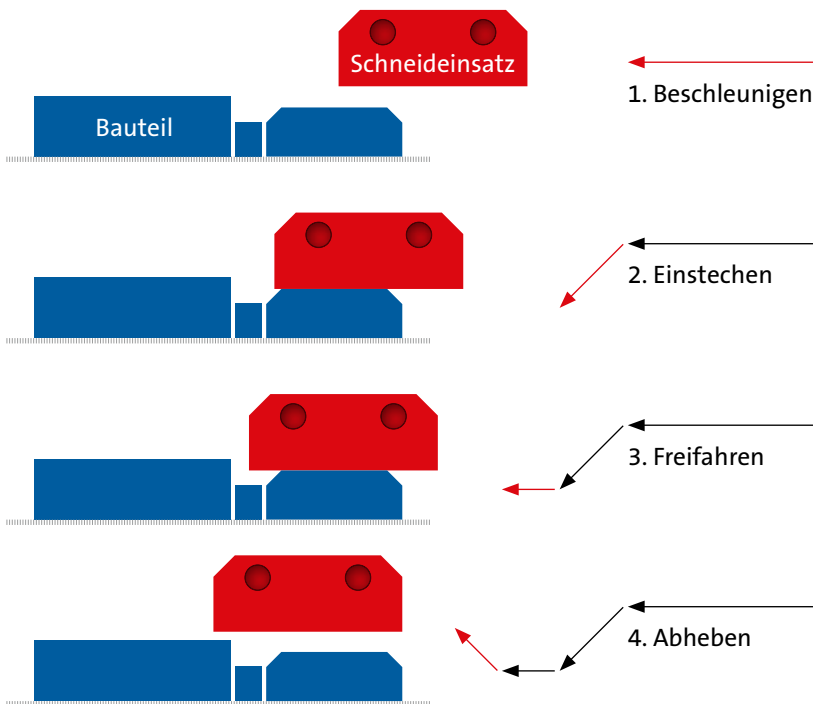
der Iscar Germany GmbH in Ettlingen. Als Bearbeitungsstrategie schlägt er vor, bei hohem Vorschub mit geringer Zustellung zu fahren.

Bei abnehmenden Einstellwinkeln erhöht sich die Passivkraft. Diese wirkt 90 Grad zur Drehachse und ist damit maßgeblich

Bilder: ISCAR



Die Einstellwinkel bei dieser Hochvorschub-Variante erreichen eine geringere Spandicke bei vergleichbar hohen Vorschüben. Dies sorgt für eine reibungslose Spanabfuhr und hohe Prozesssicherheit.



Gewindestechen ist eine Kombination aus Gewindestrehlen und Formstechen. Die Bearbeitungsschritte müssen unter Einhaltung des G-Code-Befehls G33 programmiert werden.

für Vibrationen bei labilen Bedingungen verantwortlich. „Bei Hochvorschubbearbeitungen muss die Werkstückspannung, also Werkstück und Werkzeug, so stabil wie möglich ausgelegt sein, dass keine Vibrationen auftreten“, erklärt von Kahlden. Um sichere Prozesse zu erzielen, sollten auch die Maschinen bestimmte Anforderungen erfüllen. Bei der Bearbeitung mit hohem Vorschub bis zu drei Millimeter pro Umdrehung entstehen enorme Schnittkräfte von bis zu 16.000 Newton.

Ungehinderter Spanabfluss

Verschiedene Produkte des Ettliger Unternehmens für das Hochvorschubdrehen verfügen über einen Plattensitz mit Schwalbenschwanz-Geometrie, die mit einem Kniehebelmechanismus kombiniert sind. Das System fixiert die Platte sicher und verhindert, dass diese durch die Schnittkräfte angehoben wird. Herkömmliche Wendeschneidplatten verfügen über sogenannte Spannpratzen, um den hohen Kräften standzuhalten. Späne können sich darin jedoch verklemmen und eine reibungslose Bearbeitung beeinträchtigen. Die sichere Klemmung durch die Schwalbenschwanz-

geometrie machen solche Pratzen überflüssig: Der Span kann ungehindert abfließen.

Um das Entstehen von langen, störenden Spänen zu verhindern, verfügen diese Schneidplatten über einen speziellen Spanformer. Dieser verbessert die Spankontrolle zusätzlich. Die Werkzeuge besitzen eine positive Schneidengeometrie für optimale Schnittkräfte. Verstärkte Schneidkanten mit negativer Fase ermöglichen darüber hinaus lange Standzeiten. Bislang wird das System bei ISO-P-Stahl eingesetzt. Ziel ist es, das Werkzeug auch für ISO-M zu verwenden. Dieser Werkstoff erfreut sich steigender Beliebtheit. Allerdings ist er schwer zu zerspanen: Es entstehen hohe Temperaturen und die Belastung der Werkzeuge nimmt zu. Um eine wirtschaftliche ISO-M-Bearbeitung zu ermöglichen, entwickelt Iscar derzeit neue, widerstandsfähige Beschichtungen.

Geschwindigkeit ist keine Hexerei

Eine weitere anspruchsvolle Bearbeitung, bei der Geschwindigkeit eine wichtige Rolle spielt, ist das Gewindestechen. Es ist das schnellste spanende Verfahren, um Gewinde herzustellen. „Dies geschieht über

eine simultane radiale und axiale Zustellung. Die Platte nimmt dabei einen diagonalen Weg. So entsteht ein Gewinde innerhalb von einer Sekunde“, skizziert der Produktspezialist. Wegen der hohen Schnittkräfte müssen Werkzeug und Werkstück sehr stabil gespannt sein. Es lassen sich nur Bauteile bearbeiten, die einen Auslauf des Drei- bis Sechsfachen des entsprechenden Steigungswertes haben.

Für das Gewindestechen – eine effektive Kombination aus den Prozessen Stechen und Drehen – kommen ausschließlich Sonderwerkzeuge zum Einsatz, die auf die speziellen Anwendungsfälle zugeschnitten sind. Mittels Gewindestechen lassen sich Taktzeitreduzierungen um bis zu 80 Prozent realisieren. Die Schneide benötigt nur eine geringe Eingriffszeit. Das Verfahren erzielt hohe Standzeiten. Besondere Anforderungen stellt dies an die Maschinenbedienerinnen und -bediener: Diese müssen die Anlagen über einen speziellen G-Befehl nach DIN 6605 ISO (G33) programmieren. Dabei handelt es sich um einen Schneidzyklus, bei dem der Vorschub synchronisiert zur Spindel läuft und die Steigung des Gewindes angegeben wird. Wird nicht mit diesem Befehl programmiert, kommt es zu fehlerhaften Steigungen.

Branchenunabhängig einsetzbar

Das Gewindestechen lässt sich branchenunabhängig einsetzen, ist als Sonderlösung bislang aber nicht weit verbreitet. Dies kann sich nach Einschätzung des Produktspezialisten in Zukunft jedoch ändern. „Wir haben bei vielen Einsatzfällen sehr positive Feedbacks von den Anwendern erhalten“, sagt von Kahlden. „Wir lernen mit jeder Anwendung und mit jedem neuen Projekt dazu.“

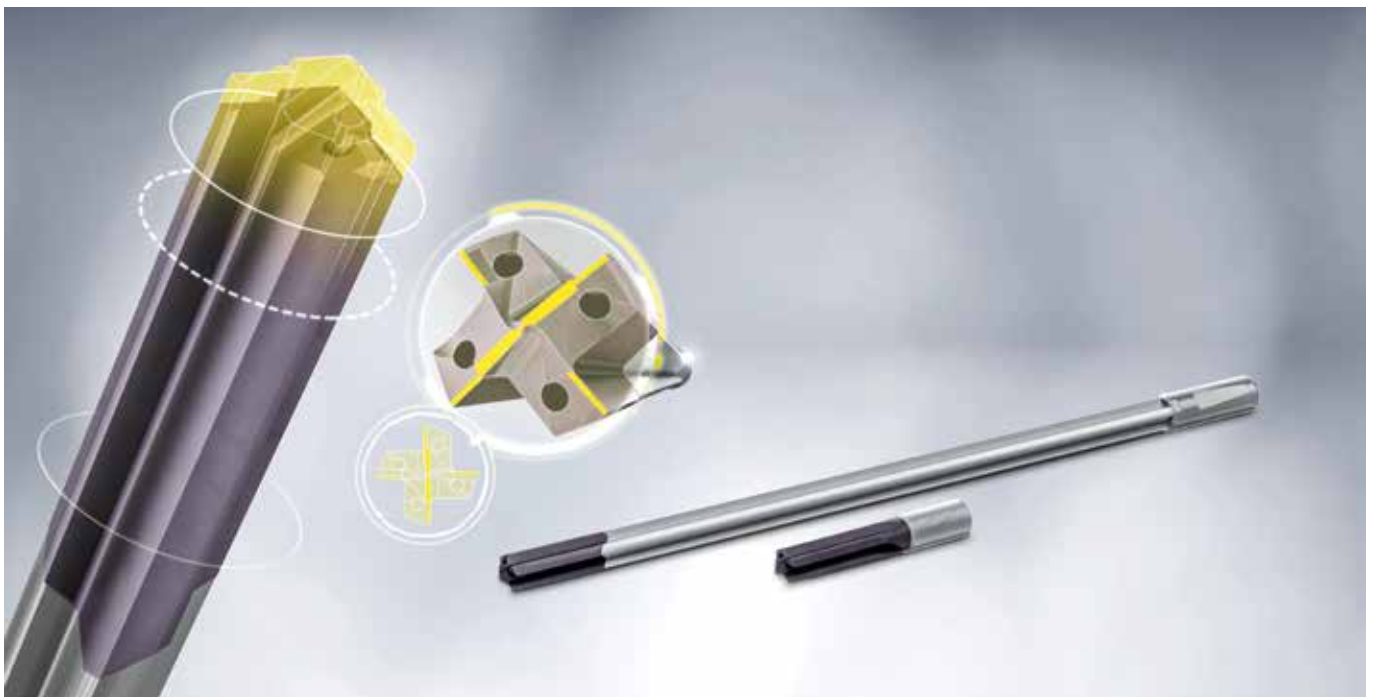
Sebastian Oeking
Business Development Aerospace
ISCAR Germany GmbH

Motorblöcke: Guss zerspanen in doppeltem Tempo

JUDITH FISCHER

Eine neue Werkzeugtechnologie erreicht Bohrtiefen von bis zu $40 \times D$. Verglichen mit herkömmlichen Verfahren sind damit doppelte Geschwindigkeiten möglich – auch beim Tieflochbohren. Dies reduziert die Taktzeit teils im Minutenbereich und erhöht die Kapazität deutlich.

Bilder: ©Gühring



Die Schneidenaufteilung der beiden Vierschneider ist ideal geeignet für die Gussbearbeitung.

Täglich versorgen 3,4 Millionen Lkw Menschen in Deutschland mit allem, was sie zum Leben brauchen. Ein großer Teil dieser Kolosse stammt aus den Produktionshallen von Daimler-Trucks, einem großen Nutzfahrzeug-Hersteller. Als Werkzeuglieferant unterstützt die Gühring KG aus Albstadt das Unternehmen darin, die Wirtschaftlichkeit kontinuierlich zu erhöhen – dies gilt auch bei der Bearbeitung von Motorblöcken aus Guss für Lkw. Bei der Bearbeitung müssen tiefe Bohrungen mit einem Durchmesser bis 28 Millimeter eingebracht werden. Auf herkömmlichem Weg sind diese Bohrungen zeitaufwendig und teuer. Eine neue Werkzeuglösung

musste her, deren angepasste Geometrie und Eigenstabilität die Kräfte während der Zerspanung auffängt und so gering wie möglich hält.

Das Ziel lautete: Verkürzung der Bohrzzeit um bis zu 50 Prozent. Dabei war die maschinenbedingte Belastungsgrenze der Axialkraft von zehn Kilonewton einzuhalten – bei gleichbleibender Bohrungsqualität und gleichem Standweg. Gemeinsam mit dem Automobilisten entwickelte Gühring eine neue Technologie: den vier-schneidigen Tieflochbohrer VB 80 sowie den vierschneidigen Bohrer VB 100, mit dem Bohrungen, Pilotierungen und Stufenbohrungen gefertigt werden.

Prozesssicherheit gesteigert

Diese Werkzeuge sind speziell für die Gussbearbeitung ausgelegt. Grundlage für ihre Leistung bilden das vom Albstadter Werkzeuglieferanten entwickelte Hartmetall aus Ultrafeinstkorn gepaart mit der ebenfalls im Haus hergestellten Beschichtung. „Diese hat sich als stärkste Schicht für die Gussbearbeitung erwiesen“, erklärt Philipp Kunze, Leiter Projekt und Anwendung Tieflochbohren bei Gühring. Um das hohe Spanvolumen zu bewältigen, nutzt das Unternehmen seine praxiserprobte Schneidenaufteilung. Dabei nehmen zuerst die beiden inneren Schneiden die

Hauptbelastung des massiv erhöhten Umdrehungsvorschubs auf. Diese Schneiden stützt ein dicker Kern und eine speziell definierte Schneidkeilstatik. Der spezielle Schliff zur Herstellung der Querschneide sorgt außerdem für geringe Kräfte. Im Anschluss kommen die vier Peripherie-Schneiden zum Einsatz, die das hohe Drehmoment aufnehmen. Der typische Gussverschleiß teilt sich dabei auf vier statt nur zwei Schneidecken auf. Die Eckenradien komplettieren das System, indem sie feine Oberflächen erzeugen. Das Ergebnis: kürzere Späne, höhere Schnittparameter und gleichzeitig eine deutliche Steigerung der Prozesssicherheit.

Der Tieflochbohrer verfügt über einen massiven Grundkörper aus Vollmaterial mit geraden Spannuten auf dem ein Kopf aus Vollhartmetall formschlüssig aufgelötet wird. Trotz der schnelleren Bearbeitung bleiben die Standwege gleich oder können sogar deutlich erhöht werden. Philipp Kunze weiß warum: „Erfahrungsgemäß führt ein höherer Vorschub zu einer längeren Lebensdauer der Werkzeuge. Das liegt daran, dass die Eingriffszeit mit erhöhter Geschwindigkeit kürzer ist. Beim Vierschneider kommt hinzu, dass die vier Schneidecken den Abrasivverschleiß reduzieren.“ Das Resultat: Mit beiden Bohrertypen sind zum Beispiel in der Gusseisenlegierung GG25 unter optimalen Bedingungen Standwege bis zu

250 Meter möglich. Wenn die Werkzeuge diese hohen Standwege erreicht haben, können Sie aufgrund des geringen Verschleißes fünf- bis zehnmal nachgeschliffen werden.

Oberflächen mit Rauheitsklasse bis N7 möglich

Im Hinblick auf mögliche Rundheiten erreichen die Vierschneider Werte kleiner zehn Mikrometer, die Durchmessergrößen reichen bis ISO-Toleranz 7. In verschiedenen Gussorten lassen sich mit dem Werkzeug Oberflächenwerte in der Rauheitsklasse N8, teilweise sogar N7 erzielen. Durch Schneidenformation und Eigenstabilität werden zudem sehr geringe Bohrungsverläufe generiert. Die Kombination mit dem Bohrer VB 100 als Pilotbohrer erreicht trotz der hohen Vorschübe gute Ergebnisse in Bezug auf die Bohrungsposition.

Wie bei jedem Hochleistungsbohrwerkzeug ist die Versorgung mit Kühlschmiermittel entscheidend für die Funktions- und Prozesssicherheit. Bei den Vierschneidern wird das Kühlschmiermittel beziehungsweise die Minimalmengenschmierung über einen zentralen Kanal und eine, in das Vollhartmetall eingebrachte Y-Verteilung transportiert.

Von dort aus wird es hocheffizient in die vorderen vier Kanäle und an die Schnei-

den verteilt. Das ist notwendig, um die beim Bohren entstehende Kühlschmiermittel-Spanmasse mit maximalen Fließgeschwindigkeiten aus der Bohrung zu spülen. Das Resultat: Auch bei Hochleistung wird die Werkzeuggeometrie geschont.

Tieflochbohren mit Durchmessern bis 30 Millimeter

Die bereits erprobte Durchmesserreichweite des Bohrers bis 5xD liegt zwischen acht und 40 Millimeter. Beim Tieflochbohrer können aktuell Durchmesser von acht bis 30 Millimeter und Werkzeuglängen bis 1.000 Millimeter hergestellt werden. „Wir arbeiten schon daran, dass wir künftig die Reichweite deutlich vergrößern“, verrät Philipp Kunze. Eine andere Weiterentwicklung hat das Unternehmen bereits umgesetzt: Alternative Spitzengeometrien ermöglichen unter anderem den Einsatz von Minimalmengenschmierung – kurz MQL für Marketing Qualified Lead. ●

.....
Philipp Kunze
 Leiter Projekt & Anwendung Tieflochbohren
 Gühring KG

.....
Judith Fischer
 Online-Redakteurin
 Gühring KG

MIT ROBOTERSYSTEMEN DIE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT STEIGERN!

- Kosteneinsparungen durch hohe Anlagenverfügbarkeiten und geringen Wartungsaufwand
- Zukunftssicherheit durch einfache Anpassung an neue Produkte und Einsatzgebiete
- Rentabilität für alle Unternehmensgrößen unterschiedlichster Branchen
- Einsetzbar in allen Fabrikbereichen, als integrierbares Einzelsystem sowie als schlüsselfertige Gesamtanlage

www.koch-roboter.de

KOCH
 Robotersysteme 



KOCH ROBOTERSYSTEME Mehr begreifen ■ Mehr bewegen!

Messtechnik verkürzt Zykluszeiten

RISSHU BERGMANN

Der Auftragsanstieg von Kfz-Komponenten in Großserie erforderte bei einem italienischen Automobilzulieferer alternative Ansätze für die Teileprüfung. Investitionen in Messungen direkt in der Maschine und bearbeitungsparallele Messungen erhöhen heute den Durchsatz und reduzieren den Ausschuss.

Der Automobilzulieferer OMG s.r.l Officine Meccaniche (OMG) produziert Kfz-Komponenten wie Motorblöcke, Zylinderköpfe und Aufhängungseinheiten. Ein Kundenauftrag über jährlich 400.000 Automobilteile für den deutschen Markt veranlasste das Unternehmen, eine bestehende CNC-Fertigungslinie in eine kontinuierliche Teileproduktion umzuwandeln. Die Herausforderung: Bei der Bearbeitung eines neuen Verbrennungsmotor-

zylinderkopfes und eines Gasmotorblocks aus Aluminium kam es aufgrund von Erwärmungseffekten zu Verformungen. Um dies auszuschließen, muss die Fertigungslinie eine sehr genaue Maschinenzentrierung und Werkstückeinrichtung gewährleisten. Daher war eine zuverlässige Messlösung auf der Maschine notwendig, um hochwertige Ausschussteile und eine kostspielige Materialverschwendung zu vermeiden.

Dafür musste der Automobilist ein Teilmesssystem für Großserien einrichten, das es ermöglicht, den Bearbeitungsprozess dynamisch anzupassen. Das System korrigiert Prozessdrift wie Werkzeugverschleiß und stellt eine kontinuierliche Teilefertigung sicher, ohne die Toleranzgrenzen zu erreichen. OMG hat hierfür ein Prüfgerät von Renishaw integriert, das die Prozesskontrolle auf der Maschine für große Durchsätze gewährleistet. Das Gerät bie-





Die Messlösung steigert den Fertigungsdurchsatz bei hochwertigen Kfz-Teilen.

tet wiederholgenaue, thermisch unempfindliche und einfach programmierbare Messungen in der Fertigung. Es arbeitet mit einem parallel-kinematischen Begrenzungsmechanismus, der aufgrund der hohen Steifigkeit eine Scan-Wiederholgenauigkeit bei schnellen Betriebsgeschwindigkeiten garantiert. Das Prüfgerät ist mit einem analogem 3-Achsen-Scanning-Messtaster ausgerüstet. So ist das System in die Lage, 1.000 Datenpunkte pro Sekunde zu erfassen, dreidimensionale Messungen durchzuführen und es ermöglicht die Analyse von hochkomplexen Teilen.

Einfache Änderung des Prüfprogramms möglich

Guido Mautino, Betriebsleiter bei dem italienischen Automobilzulieferer, sagt: „Traditionell waren alle maschinen-externen Messgeräte starr, kundenspezifisch und für ein spezielles Teil bestimmt. Das neue Sys-

tem ist ein technologischer Durchbruch für uns. Wenn die Teilegeometrie geändert wird, wird das Prüfprogramm geändert und schon geht's weiter. Es ist schnell, effizient und kostengünstig.“

Messtaster für Ersteinrichtung und Prüfung

Bei der Fertigung des neuen Motorblocks nutzt der Automobilzulieferer auch einen Messtaster mit optischer Signalübertragung von Renishaw. Der kompakte, berührend schaltende 3D-Messtaster wird sowohl bei der Ersteinrichtung des Werkstücks als auch für die Überprüfung im Anschluss an die Bearbeitung auf verschiedenen 4- und 5-Achsen-Bearbeitungszentren eingesetzt.

Der Messtaster in kinematischer Bauweise ermöglicht eine störungsfreie und sicher modulierte Signalübertragung. Damit bietet er einen Zugang zu bislang nur schwer zugänglichen Werkstückbereichen. Der Automobilist verwendet das Messinstrument, um Ventilsitze, Übersetzungsgetriebe und weitere wichtige Motormerkmale zu prüfen.

Die Einführung von Prüfungen außerhalb der Maschine und von Messlösungen auf der Maschine steigert heute den Fertigungsdurchsatz des italienischen Automobilisten und eliminiert Ausschussteile in der Großserienfertigung sowie bei hochwertigen Kfz-Teilen. „Wenn wir jährliche Chargen mit hohen Stückzahlen eines bestimmten Teils haben und dann auch nur eine Stunde während der Fertigung einen Drift bei der Teilmessung erleiden, dann verlieren wir sowohl Zeit als auch Geld und produzieren irreparablen Ausschuss. Mit dem neuen System kann dies verhindert werden“, sagt Giuseppe Spezzi, Verkaufleiter und Vorstandsmitglied beim Automobilzulieferer, und ergänzt mit Blick in die Zukunft: „In einem zunehmend wettbewerbsorientierten Markt ist es für die Kundenzufriedenheit wichtig, die Produktionsleistung zu steigern, um so Zykluszeiten, Produktionsausschuss und Lieferverzögerungen zu reduzieren.“ ●

Risshu Bergmann
Marketing-Koordinator D-A-CH
Renishaw GmbH

Die mechanische Bearbeitung der Aluminium-Zylinderköpfe mit integriertem Messsystem reduziert Ausschuss.

Kostenersparnis durch dynamische In-Prozess-Messung

MATTHIAS KINZEL

Ein flexibles Messsystem für die In-Prozess-Messung nutzt die volle Funktionsfähigkeit der Produktionsmaschinen. Zusätzlicher Bauraum wird dafür nicht benötigt. Das Messsystem sitzt im Werkzeugwechsler und wird bei Bedarf zur Messung in die Werkzeugspindel eingesetzt.

Fotos: Diatest Hermann Költgen



Automatische Messungen zur Qualitätsüberwachung in Dreh- und Fräsmaschinen vermeiden kostspielige weitere Bearbeitungsschritte, denn sie zeigen im Prozess sofort auf, ob eine Nachbearbeitung erfolgen kann.

Messtechnik darf die hohe Flexibilität der Produktionsmaschinen nicht einschränken. Das System für die In-Prozess-Messung (IPM) der Diatest Hermann Költgen GmbH aus Darmstadt ist für den rauen Einsatz in der Werkzeugmaschine entwickelt worden und jederzeit nachrüstbar. Es basiert auf einem Bohrungsmessdorn des hessischen Messtechnikspezialisten, der Messwerte per Funk an einen PC überträgt und fest in einer Werkzeugaufnahme verbaut ist – beispielsweise mit einer standardisierten Klemmung wie HSK, welche die Werkzeuge fixiert.

Während des Fertigungsprozesses misst das System direkt im Bearbeitungszentrum hochgenaue, kritische und sicherheitsrelevante Bohrungen. Für die Messvorgänge wird der Bohrungsmessdorn eingewechselt und nach der Messung automatisch zurück ins Magazin der Maschine verstaut.

Dabei erfüllt der Messdorn alle Anforderungen an Genauigkeiten, die in modernen Bearbeitungszentren gefordert werden. Sein Design eignet sich für automatische Messungen. Statische und dynamische Messungen sind möglich, beispielsweise von Maximal- oder Minimalwerten.

Verwaltung und Steuerung erfolgt durch Produktionsmaschine

Das an der Werkzeugaufnahme montierte Messsystem enthält als zentrale Einheit einen Präzisionsmesstaster mit einem Funkmodul, das die Messwerte an einen Messrechner weiterleitet. Mittels eines in der Maschine integrierten Einstellmeisters wird das IPM in regelmäßigen Zyklen kalibriert. Die Verwaltung und die Steuerung des Messgeräts erfolgt durch die Produktions-



maschine selbst. Dadurch muss die Maschinenführerin oder der Maschinenführer keine weiteren Steuerungsaufgaben überwachen und erhält direkt die Qualitätsdaten.

Der Messrechner ist mit der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) der Maschine über Profinet verbunden und kann gleichzeitig mit dem lokalen Netzwerk kommunizieren. Auf diese Weise tauscht das System Signale – digitale Ein- und Ausgänge – und Messwerte über Profinet direkt mit der Maschine aus. Werkzeugkorrekturdaten übergibt es direkt an die Maschine. Zusätzlich können die Messergebnisse für Qualitätszwecke im lokalen Netzwerk gespeichert und statistisch weiterverarbeitet werden.

Da der Messrechner ausschließlich über Profinet mit der SPS der Maschine kommuniziert, können Anwenderinnen und Anwender nahezu alle Bearbeitungszentren einbinden. Trotzdem müssen dafür einige Bedingungen erfüllt sein: Zum Beispiel ist zu prüfen, ob die werkstückabhängige Baugröße des IPM in das Magazin des Bearbeitungszentrums passt. Weitere Kriterien sind die Bohrungsgröße und die Bohrungstiefe. Derzeit ist das IPM in einem Bohrungsbereich von etwa 15 bis 100 Millimeter einsetzbar. Für die Bohrungstiefen ist die Einsatzmöglichkeit individuell zu prüfen.

Da es sich um hochgenaue Messungen handelt, muss das Werkstück – insbesondere die zu messende Bohrung – zum Zeitpunkt der Messung sauber sein. Hier kann die Blasluftoption an der In-Prozess-Messung optional für einen zusätzlichen Reinigungseffekt verwendet werden. Ein vorgeschalteter Reinigungsprozess, zum Beispiel mit einer Bürste, sollte jedoch sicherstellen, dass sich keine Späne in der Bohrung befinden.

Kostspielige Bearbeitung vermeiden

Die Messung erfolgt direkt in der Maschine nach dem Herstellen der kritischen und sicherheitsrelevanten Bohrungen. Je nach Prozess kann eine hundertprozentige oder eine Stichprobenkontrolle erfolgen. Ist das Werkstück nicht in Ordnung, kann es möglicherweise ohne Ausspannen sofort in der Maschine nachbearbeitet oder ausgeschleust werden. Kostspielige weitere Bearbeitungsschritte werden auf diese Weise vermieden. Das Messergebnis zeigt unmittelbar auf, ob eine Nachbearbeitung erfolgen kann.

Gleichzeitig dienen die Messdaten vielen weiteren Auswertungen und Prozessverbesserungen: Beispielsweise zur Werkzeugkorrektur über Profinet am Bearbeitungszentrum oder zur statistischen Auswertung der Messdaten über das Netzwerk von übergeordneten Systemen, wie Statistikprogrammen für die Qualitätssicherung (etwa Q-DAS) oder Prozesssteuerungsprogrammen.

Zudem ist das System einsetzbar für Merkmale, die dokumentationspflichtig sind, zur Klassifizierung der Lagersitze, zur dynamischen Stichprobenmessung der Qualitätsdaten oder zum Auslösen eines Werkzeugwechsel eines Schwesterwerkzeugs, bevor Ausschuss entsteht. ●

Matthias Kinzel
Technical Manager
DIATEST Hermann Költgen GmbH

Das Herz der Metallbearbeitung schlägt in Stuttgart!



**JETZT
TICKET
SICHERN!**

AMB

Internationale Ausstellung
für Metallbearbeitung

13. – 17.09.2022
Messe Stuttgart

Hochkomplexe Geometrien in Form gebracht

CHRISTOPH HAUCK

Treffen bei der additiven Fertigung das Pulverbett auf die Pulverdüse, können Hersteller die Potenziale des 3D-Metalldrucks optimal ausschöpfen. Denn wo die Fertigung im Pulverbett aufhört, fängt die Nutzung der Pulverdüse an. Die Technologien Laser Powder Bed Fusion und Laser Metal Deposition ergänzen sich optimal.

Die Toolcraft AG aus Georgensgmünd nutzt die bestehenden Potenziale additiver Fertigung: Für die hauseigene Anlage für Laser Metal Deposition (LMD) hat das Unternehmen eine zusätzliche Düse benötigt, die am Markt nicht zu finden war. Deshalb hat der Hersteller das Bauteil selbst konstruiert und auf einer Pulverbettanlage mit grünem Laser additiv gefertigt. Im konventionellen Pulverbettverfahren werden Metalle

in Pulverform per Laser Schicht für Schicht aufgeschmolzen und in Form gebracht – ohne Werkzeug, mit deutlich reduziertem Zeitaufwand und erheblich weniger Ressourceneinsatz. Auf diese Weise können Hersteller Leichtbaufunktionsbauteile fertigen, hochkomplexe Geometrien umsetzen sowie Kühlkanäle oder andere Funktionen realisieren.

Das LMD-Verfahren trägt das Material präzise mittels Pulverdüse auf das Werk-

stück auf und wird dann mithilfe des Lasers geschmolzen. Toolcraft investierte dafür in eine individuell angepasste Anlage von Trumpf mit horizontaler und vertikaler Rotationsachse. Diese Maschine ermöglicht das extreme Hochgeschwindigkeits-Laser-Auftragsschweißen (EHLA).

Mithilfe der LMD-Technologie werden zum Beispiel Reparaturen an defekten Bauteilen durchgeführt, um Kosten zu reduzieren. Es ist möglich, Beschichtungen und



Zwei Mitarbeiter richten die LMD-Anlage ein.

Verschleißschutz aufzutragen. Darüber hinaus ermöglicht es die Pulverdüse, einzelne Komponenten zu Baugruppen zusammenzufügen, um große Bauteile additiv zu fertigen. Hybride Bauweisen können realisiert werden, indem ein weiteres Material auf ein bestehendes Bauteil aufgetragen wird.

Porenfreies Gefüge und homogene Eigenschaften

Durch die Nutzung von Pulverbett und Pulverdüse können herkömmlich additiv gefertigte Bauteile optimiert, repariert oder gefügt werden. Die Herausforderung bei der additiven Fertigung besteht in der verzugsfreien Herstellung von Bauteilen. Toolcraft setzt dabei auf die Simulation mittels intelligenter Softwarelösungen (First Time Right). Ziel ist es, porenfreies Gefüge und homogene Werkstoffeigenschaften zu erzielen.

Der 3D-Druck in Metall hat sich hierfür als belastbare Fertigungstechnologie etabliert. Industrien, die eine hohe Komplexität der Bauteile sowie niedrige Stückzahlen benötigen, sind prädestiniert für den Einsatz additiver Technologie. Dazu zählen: Luft- und Raumfahrt, Energietechnik, Maschinen- und Anlagenbau oder auch die Medizintechnik. Hinsichtlich einer Massenbeziehungsweise Großserienfertigung ist die direkte additive Bauteilfertigung mit Blick auf die Herstellungskosten noch nicht wirtschaftlich. In solchen Fällen kann die indirekte additive Fertigung zum Beispiel in Form von Produktionswerkzeugen sinnvoll sein.

Wie viele Entwicklungen unterliegt auch diese Fertigungstechnologie einem „Hype-Cycle“: Nach jahrelangem Aufschwung ist

sie in der industriellen Realität hinsichtlich belastbarer Serienfertigung für kleinere und mittlere Losgrößen angekommen. Aktuell verzeichnet der Markt ein jährliches Wachstum im niedrigen zweistelligen Bereich. Große Chancen versprechen Innovationen wie alternative Antriebskonzepte im Bereich der Luftfahrt sowie Micro-Launcher-Systeme in der Raumfahrt. Die additive Fertigung hat sehr großes Potenzial, sich weiterzuentwickeln, beispielsweise was Produktivität, Bauraumgröße oder auch Pulverpreise betrifft.

Additive Fertigung industriell belastbar machen

Toolcraft ist 2011 in dieses Technologiefeld eingestiegen. Damals war die industrielle Belastbarkeit noch nicht gegeben. Auch die Normenlandschaft hinsichtlich der additiven Fertigung war sehr karg. Erschwerend kam hinzu, dass sich vielen Kunden der Nutzen und der Einsatz dieser Technologie noch nicht durchgesetzt hatte. Deshalb engagiert sich das mittelfränkische Unternehmen seitdem stark für die Normung, für Aus- und Weiterbildungskonzepte sowie für die Verbandsarbeit. Auch mit Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen bestehen langjährige Kooperationen, um additive Fertigungstechnologien aus einem F&E-Umfeld in bi- und multilateralen Konsortien industriell belastbar und multiplizierbar zu machen. ●

.....
Christoph Hauck
Vorstand Technologie und Vertrieb
toolcraft AG

Fotos: Toolcraft



Die Maschine ermöglicht mittels Pulverdüse EHLA.



Selbst konstruiert: Toolcraft hat diese LMD-Düse additiv gefertigt.



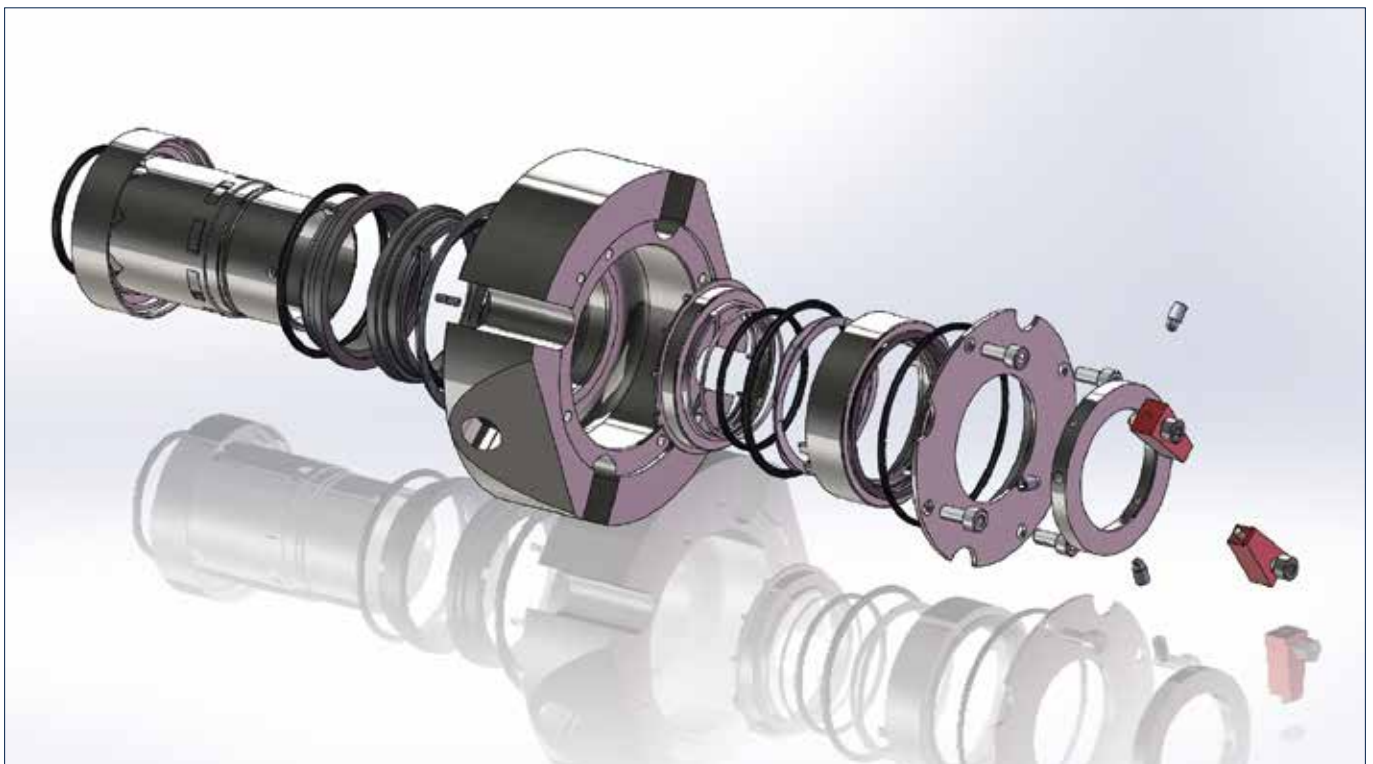
Mittels LMD-Verfahren fügt die Pulverdüse Komponenten zu Baugruppen zusammen.

Gleitringdichtung in Patronenbauweise: Nachhaltig gekühlt dank additiver Bauteile

ANDRÉ GÜTLEIN

Der nachhaltige Betrieb von Gleitringdichtungen erfordert eine effiziente Kühlung und Schmierung. Standardfertungsverfahren schränken die konstruktiven Möglichkeiten meist sehr ein. Eine Lösung bieten additive Verfahren, die das Sperrfluid mittels einer Hülse innerhalb der Gleitringdichtung leiten.

Bilder: Hecker Werke



Die Explosionsdarstellung der Gleitringdichtung zeigt den Aufbau der Einzelkomponenten.

Für den nachhaltigen Betrieb von Gleitringdichtungen in Patronenbauweise ist ein optimaler Wärmehaushalt an und um die Gleitringdichtung essenziell. Innerhalb der Gleitringdichtung sorgt ein Sperrfluid für die turbulente Umspülung der Gleitringoberflächen und damit für Schmierung und Wärmetransport. Bei den klassischen, doppelwirkenden Gleitringdichtungen dreht sich die Welle samt der Wellenschutzhülse und den entsprechenden Ringen, während das Gehäuse mit den beiden anderen Ringen stillsteht. Die-

ses Verfahren gewährleistet die Wärmeabfuhr an den kritischen Stellen jedoch noch nicht. Darüber hinaus ist eine effiziente Flüssigkeitsführung innerhalb der Gleitringdichtung immer mit einem erhöhtem Konstruktions- und Fertigungsaufwand verbunden.

Eine mögliche Lösung für die effiziente Flüssigkeitsführung besteht darin, das Sperrfluid innerhalb der Gleitringdichtung mittels einer Hülse zu leiten. Hierfür eignen sich insbesondere additive Verfahren. Diese erlauben es, das Hauptaugenmerk

weitestgehend auf die Funktionalität zu legen, anstatt Kompromisse bei der Fertigung eingehen zu müssen.

3D ermöglicht freie Gestaltung von Kanälen und Hohlräumen

Im Rahmen eines Forschungsprojekts des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) entwickelten die Hecker Werke in Kooperation mit Prof. Dr. Markus Merkel und M. Eng. Michael

Sedlmajer von der Hochschule Aalen eine neue Wellenschutzhülse. Ziel war es, effizient wirkende Kühlkanäle in der Wellenschutzhülse mit mechanischer Festigkeit und Steifigkeit zu integrieren. Zudem sollten die zum Dichtsystem hinwirkenden Kontaktbereiche über eine ausreichende Maßhaltigkeit sowie hohe Oberflächen-güte verfügen. Durch diese Wellenschutz-hülse können Bauteile entfallen, die bisher die Zwangsumwälzung übernommen haben.

Die Projektbeteiligten definierten das Fluid-leitsystem als integrales Bauteil,

- das die Funktionen der Flüssigkeitslei-tung vereint,
- eine Zwangsumwälzung etabliert,
- die Gleitringdichtung weitestgehend entlüftet und
- die Kühlleistung verbessert.

Da diese komplexen Konturen nicht mit konventionellen Fertigungsverfahren hergestellt werden können, nutzten die Pro-jektpartner das selektive Laserschmelzen – umgangssprachlich auch als 3D-Metall-druck bezeichnet. Mit dem Verfahren las-sen sich werkzeuglos nahezu beliebige Konturen und Volumen erzeugen. Das Ver-fahren ermöglicht es, Kanäle und Hohl-räume zu fertigen, die ohne fertigungs-technische Restriktionen nahezu frei ge-staltbar sind. Die Zwangsumwälzung des Fluids ermöglicht die in Betrieb vorhan-dene Rotation der Wellenschutzhülse mit-tels eines Fördergewinderings oder eines Flügelrades.

Schritte zur neuen Wellenschutzhülse

Voruntersuchungen: Die Voruntersuchun-gen bezüglich der Druckfestigkeit und Dichtheit zeigten, dass sowohl die Druck-festigkeit als auch die Dichtheit den An-forderungen entsprach. Jedoch wiesen die Oberflächen bei diesem Verfahren eine große Rauigkeit auf. Daher waren diese als Funktionsfläche, etwa als Gegenfläche für einem O-Ring, nicht geeignet. So mussten die Projektbeteiligten das notwendige Auf-maß für eine spätere spanende Bearbei-tung ermitteln.

Auslegung der Wellenschutzhülse: Die Wellenschutzhülse musste mit einer aus-reichenden Anzahl von Kühlleitungen in entsprechenden Dimensionen versehen werden, um den Flüssigkeitstransport zu gewährleisten. Dabei sollte der tragende Querschnitt nicht geschwächt werden, die mechanische Festigkeit musste ausreichen. Eine Anpassung an die jeweilige Geome-trie war notwendig. Denn die funktionale Integration der Kühlung und der Förde-rung des Sperrfluids in dem begrenzten Bauraum sollte möglich werden.

Erster Entwurf: Ziel war es, die Wellen-schutzhülse so herzustellen, dass diese ohne oder mit sehr wenig Nachbearbei-tung auskommt. Die Lage im Arbeitsraum der selektiven Laserschmelzanlage beein-flusst bei der Herstellung die Maßhaltig-keit und die Qualität der Oberfläche ent-scheidend. Die innenliegenden, nicht kon-

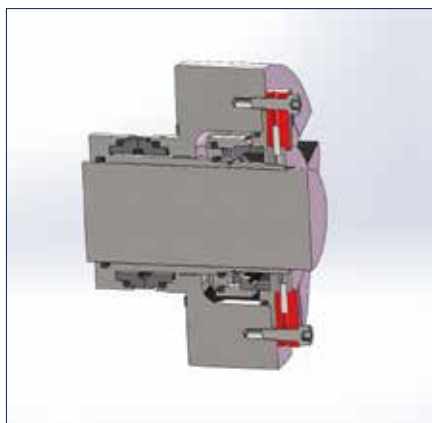
ventionell bearbeitbaren Konturen, erfor-derten die Abstützung des Bauteils wäh-rend des Bauprozesses.

Stützstrukturen: Besonders kritisch sind Stützstrukturen an überhängenden Flä-chen. Ihre Verwendung erfordert eine Nach-bearbeitung. Die Stützstrukturen müssen im Post-Prozess mechanisch entfernt wer-den. Bei komplexen Geometrien mit Hin-terschnitten ist dies meist nur händisch oder gar nicht möglich. So war der senk-rechte Aufbau der Wellenschutzhülse er-forderlich, da diese Position am wenigsten Stützstruktur erfordert.

Nachbearbeitung: Die Projektbeteiligten legten die Einlassöffnung der Kühlkanäle in Dreiecksform aus, damit dieser Teil des Bauteils selbsttragend ist. An diesen Stel-len entfallen Stützstrukturen. Die Auslass-seite wurde nach demselben Prinzip für das Verfahren optimiert.

So bietet das selektive Laserschmelz-verfahren heute deutlich mehr Möglich-keiten für die Fertigung. Teile können an-ders aussehen, Funktionen in Bauteile inte-griert werden. Die Gleitringdichtung mit der additiv gefertigten Wellenschutzhülse kommt heute vor allem in Pumpen, Misch- und Rührwerken sowie Verdichtern zum Einsatz. ●

.....
André Gütlein
Abteilungsleiter F&E Gleitringdichtungen
Hecker Werke GmbH



Die Gleitringdichtung mit additiv gefertigter Wellenschutzhülse kommt in vielen Branchen zum Einsatz.

Additive und subtraktive Fertigung: Wechselwirkungen steigern Effizienz

DR. FLORIAN WELZEL

Das selektive Laserschmelzen im Pulverbettverfahren ermöglicht heute schon die Produktion kleiner Stückzahlen mit hoher Produktivität und Materialeffizienz. Doch die daraus resultierende Oberflächenqualität ist meist noch nicht ausreichend. Die notwendige Nachbearbeitung erfordert tiefgreifendes Wissen über die Wechselwirkungen zwischen additiver und subtraktiver Fertigung.

Foto: ifw, Universität Stuttgart



Kickoffmeeting zum Folgeprojekt Ad-Proc-Add II: Ziel ist es, die fertigungsgerechte Auslegung metallischer Bauteile aus additiv-subtraktiven Prozessketten durch Analyse technologischer Wechselwirkungen weiter zu optimieren.

Die Projektpartnerinnen und -partner des Cornet-Projekts Advanced Processing of Additively Manufactured Parts – kurz Ad-Proc-Add – im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung haben umfangreiche Untersuchungen zur additiv-subtraktiven Fertigungskette durchgeführt. Ziel war es, ein detailliertes Verständnis der Wechselwirkungen von Material- und Bauteileigenschaften additiv gefertigter Bauteile und deren Nachbearbeitung in Bezug auf Prozessparameter, Fertigungsstrategien und Randbedingun-

gen zu gewinnen. Dafür wurden Geometrie-, Oberflächen- und Randzoneneigenschaften über additiv-subtraktive Fertigungsketten hinweg so definiert, dass die vorgegebenen Anforderungen erfüllt werden. Denn dies ermöglicht die gezielte Gestaltung und Umsetzung einer effektiven additiv-subtraktiven Fertigungskette in verschiedenen industriellen Anwendungen.

Einer der Hauptuntersuchungspunkte, den das Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart und der GFE-Schmalkalden e.V. untersucht haben, be-

trachtet die Einflüsse der Aufbaurichtung additiv gefertigter Bauteile auf die Nachbearbeitung durch Fräsen. Besonderes Augenmerk galt dabei den daraus resultierenden Zerspankräften und den erzielten Oberflächenqualitäten bei gleichzeitiger Variation der Schnittwerte.

Schon früh zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Aufbaurichtung auf die Schnittkraft: Diese reduziert sich bei der Bearbeitung von Werkzeugstahl 1.2709 um zehn Prozent, wenn sich die Aufbau- zur Schnitt- richtung von null Grad auf 90 Grad verän-

dert. Dieser Effekt wird durch die richtungsabhängige Mikrostruktur der additiv gefertigten Bauteile hervorgerufen, der sich auch direkt auf die Spanbildung auswirkt.

Dass die Aufbaurichtung eine zentrale Rolle bei der Nachbearbeitung durch Fräsen spielt, zeigt sich vor allem in den Oberflächenqualitäten in Abhängigkeit zur Aufbaurichtung. Für die Untersuchungen stellten die Projektpartnerinnen und -partner ein Probebauteil mit realitätsnahen Funktionsflächen mit dem selektiven Laserschweißen im Pulverbettverfahren (kurz LPBF für Laser Powder Bed Fusion) unter Veränderung der Aufbaurichtung her. Dabei haben sie die Aufbaurichtung in 45-Grad-Schritten variiert. Zudem haben die Beteiligten die Schnittwerte verändert, um geeignete Bearbeitungsparameter für das Fräsen zu ermitteln. Darüber hinaus betrachtet eine vergleichende Untersuchung die erzeugten Oberflächenqualitäten der Stähle 1.2709, 1.4404 und der Aluminiumlegierung 3.2382.

Umfangs- und Stirnfräsen

Auch beim Umfangs- und Stirnfräsen zeigten sich die Wechselwirkungen der Aufbaurichtung und der Bearbeitungsrichtung auf

die erzielte Oberflächenqualität. Während das Umfangsfräsen die besten Ergebnisse erzielt, wenn die Aufbaurichtung nicht der Vorschubrichtung entspricht, gilt dies für das Stirnfräsen, wenn die Aufbaurichtung nicht in oder 90 Grad zur Vorschubrichtung verläuft. Diese Effekte gelten tendenziell für alle untersuchten Werkstoffe.

Daraus leiten die Projektpartnerinnen und -partner ab, dass bei der Nachbearbeitung von im LPBF-Verfahren hergestellten Bauteilen durch Fräsen die Auswahl der Baurichtung bereits während des Konstruktionsprozesses berücksichtigt werden sollte, um hochqualitative Funktionsflächen zu erzeugen.

Auf dem Weg zu neuen Werkzeugkonzepten

Aus den Projektergebnissen lassen sich innovative Werkzeugkonzepte und Strategien ableiten für

- den 3D-Druck von Metallteilen,
- neue Methoden für die anspruchsvolle Gestaltung von Nachbearbeitungsprozessen,
- Systemprototypen für das Monitoring und für Vorrichtungen sowie
- neue Dienstleistungen.

Die intensive Kooperation der Forschungsbeteiligten mit den Industriebeteiligten aus Werkzeugbau, 3D-Druck-Equipment, Werkzeugmaschinenbau und Software- und Serviceunternehmen sowie mit Endanwenderinnen und Endanwendern gewährleistete die Erarbeitung von industriell relevanten und verwertbaren Ergebnissen.

Folgeprojekt gestartet

Aufbauend auf den erarbeiteten Ergebnissen und Erkenntnissen ist bereits das Nachfolgeprojekt Ad-Proc-Add II gestartet. Gemeinsam mit den Projektpartnerinnen und -partnern aus Deutschland und Belgien sollen im Rahmen des Projekts die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Prozessschritten der additiven Fertigung noch tiefergehend untersucht werden. Ziel ist es, additiv gefertigte Komponenten dahingehend positiv zu beeinflussen, dass die Bauteile in Zukunft den hohen Qualitätsansprüchen der Industrie genügen können. ●

Dr. Florian Welzel
Geschäftsführer
GFE – Gesellschaft für Fertigungstechnik
und Entwicklung Schmalkalden e.V.

Manchmal sehen wir den Wald vor lauter Bäumen nicht.

Stimmt. Deswegen brauchen wir auch mal eine helfende Hand. Dafür gibt es demnächst MiniTec SmartAssist – das clevere Assistenzsystem mit den Helfern Buddy und Edi.



MiniTec
THE ART OF SIMPLICITY



Störungen in der Lieferkette – mehr Resilienz dank Simulation

LILY THOMAS

Instabile Lieferketten erfordern von produzierenden Unternehmen immer wieder eine rasche Neubewertung, um die Produktion aufrechtzuerhalten und zugleich dem Druck auf die Gewinnspannen zu begegnen. Wie digitale Fabriken die Fertigung simulieren und Alternativen für die Herstellung aufzeigen können, zeigt sich am Beispiel einer Windkraftanlage.

Fotos: aPriori



Mithilfe der digitalen Fabrik prüfen Beschaffungsteams, ob ein Materialaustausch Herausforderungen für das Design for Manufacturability mit sich bringt.

Die Konstruktion eines Herstellers für Windkraftanlagen umfasst vier Baugruppen, für die 101 Tonnen Aluminium benötigt werden, um die jährlichen Produktionsziele zu erreichen. Jedoch können Aluminiumlieferfirmen aktuell nicht immer garantieren, dass sie die Bestellung in vollem Umfang ausliefern werden. Zudem steigen die Kosten der Konstruktion um 35 Prozent, da der Windkraftanlagenhersteller die Preiserhöhun-

gen für den Bezug des Aluminiums auffangen muss.

Um die Lieferketten und die Kostenentwicklung im Griff zu behalten, bietet sich die Nutzung von digitalen Fabriken an. Diese identifizieren, ob der Wechsel von eingesetzten Materialien ohne Änderung des Designs möglich ist. Digitale Fabriken können zum Beispiel die Produktion mit Stahl im Vergleich zu Aluminium simulieren und die Stock Keeping Units (SKU) mit

hohen, für die Fertigung mit Stahl notwendigen, Gewichtstoleranzen ermitteln. Die automatisierte Konstruktionsanleitung der digitalen Fabrik von Apriori meldet, wenn ein Materialaustausch Herausforderungen für das Design for Manufacturability nach sich zieht. Das Konstrukteurteam kann nichtinvasive Änderungen vornehmen, um die Produktion in einer anderen Fabrik zu ermöglichen, während sich die Ingenieurinnen und Ingenieure mit Beschaffung

und Fertigung abstimmen, um Konstruktionsänderungen vorzunehmen.

Zudem verbessert die Aufschlüsselung des Materialverbrauchs pro Teil die Abstimmung und Verhandlungen mit Lieferfirmen. Die Hersteller zielen auf SKU mit dem höchsten Materialanteil ab, um die Auswirkungen von Preiserhöhungen und Zöllen auf die Kosten aufzuschlagen. Da Aluminium einen höheren Anteil an den Produktionskosten der meisten SKU ausmacht, ist eine Preiserhöhung in der Regel gerechtfertigt. Es gibt jedoch Ausnahmen. Mit den entsprechenden Informationen können die Beschaffungsteams einen gesonderten Preis für die Artikel aushandeln, die mit relativ geringem Aluminiumanteil hergestellt werden. Identifiziert man, wo Kosten vermieden werden können, kann das bei hohen Einkaufsvolumen einen großen Unterschied machen.

Alternative Hersteller finden

Unternehmensstandorte und Auftragshersteller müssen schnell ihre Kapazitäten einschätzen. Und die Beschaffungsteams müssen prüfen, ob ein Wechsel der Produktionsregion machbar wäre. Auch hierfür bietet eine digitale Fabrik produzierenden Unternehmen wertvolle Unterstützung bei Konstruktion, Beschaffung und Planung. Neben den Konstruktionsprozessen können die für Fertigung und Lieferketten verantwortlichen Planungsteams die detaillierten Produktionszykluszeiten sowie qualifizierte Kapazitätskennzahlen der Fabrik einsehen. Darüber hinaus können sie Verfahren und benötigte Maschinen festlegen, Produktionsvolumenziele erfüllen und nahezu in Echtzeit mögliche Kapazitätsprobleme erkennen.

Ein Herstellkostenvergleich lohnt sich: Schon der Ausfall einer einzigen Lieferfirma kann bei engen Zeitplänen die Beschaffung von Hunderten von Teilen oder die Produktion komplexer Baugruppen be-

einträchtigen. Eine Fertigungssimulation ermöglicht, Beschaffungsoptionen in alternativen Regionen zu ermitteln. Zudem hilft die sogenannte Should-Cost-Analyse bei Verhandlungen mit den Lieferfirmen. Regionale Kostenmodelle nutzen detaillierte wirtschaftliche Daten für faktenbasierte Verhandlungen. Should-Cost-Informationen entdecken Kostentreiber bei Lieferfirmen, inklusive der Designänderungen oder alternativer Materialien. Die Untersuchung potenzieller Kostentreiber sorgt dafür, dass produzierende Unternehmen die Möglichkeiten und Prozesse der Zulieferfirmen besser verstehen und die Zahl der Verhandlungsrunden verringern.

Resilienz stärken durch Analyse

Die Schwachstellen in einer komplexen Lieferkette zu erkennen, ist eine Herausforderung – vor allem, wenn die Zulieferfirmen ein potenzielles Risiko bedeuten können. Die Prüfung eines produzierenden Unternehmens ergab, dass es 60 Prozent der Komponenten von nur einem Lieferbetrieb in derselben Region bezog. Man sollte annehmen, dass sich das Unternehmen seiner Abhängigkeit von einer einzi-

gen Region und einem einzigen Lieferanten hätte bewusst sein müssen. Digitale Tools können dabei helfen:

- eine übermäßige Abhängigkeit der Produktion nach geografischen Gesichtspunkten zu erkennen.
- alternative Regionen für die Lieferung von Teilen zu finden.
- die Produktionskapazitäten von Zulieferern einzuschätzen.
- Teile nach der Art des Herstellungsprozesses zu klassifizieren.
- Kosten und Lieferkettenprobleme zu verringern und SKU-Mengen zu konsolidieren und zu überarbeiten.

Die Teams der Produktentwicklung und Fertigung benötigen Informationen zur Lieferkette, um schnell und präzise Entscheidungen treffen und entsprechend handeln zu können. Integrierte Analysen und eine Flexibilität in den Abläufen geben herstellenden Unternehmen die nötige Geschwindigkeit, um plötzliche Unterbrechungen der Lieferkette souverän zu handeln. ●

Lily Thomas
aPriori Technologies



Die digitale Fabrik hilft den Planungsteams bei Konstruktion, Beschaffung und Planung.

Zwei in eins: Mobilroboter und Cobot zugleich

PETER PÜHRINGER

Die digitale Vernetzung bringt Flexibilität in die Produktion. Starre Konzepte weichen immer mehr intelligenten Lösungen. In diesem Kontext spielt die mobile Robotik eine Schlüsselrolle. Durch den Einsatz autonomer Roboterassistenten, die auch die Mensch-Roboter-Kollaboration beherrschen, können Unternehmen flexibler, nachhaltiger und effizienter produzieren.

Dank seiner Wiederholgenauigkeit von $\pm 0,03$ Millimeter arbeitet der Mobilroboter sehr präzise.

Welchen konkreten Beitrag Mobilroboter zur Flexibilisierung der Fertigung leisten können, hängt von deren Gesamtleistung ab. Mobile Robotersysteme decken heute bereits ein breites Einsatzspektrum ab. Mobilroboter können während einer Schicht unterschiedliche Aufgaben übernehmen, autonom die

entsprechenden Arbeitsstationen anfahren und dort Tätigkeiten mit einer Genauigkeit im Zehntelmillimeterbereich ausführen. Ob in der

- Intralogistik,
- Montage,
- Zellenverkettung,
- Qualitätssicherung,
- bei der Maschinenbeschickung,
- oder autonom in Hochgeschwindigkeit sowie
- kollaborierend an der Seite des Menschen.

Wandel vom Robot zum Cobot einfach möglich

Um den Produktionsassistenten für ein derart breites Aufgabenspektrum zu qualifizieren, legt die Stäubli Tec-Systems GmbH aus Bayreuth die Hauptkomponenten des mobilen Robotersystems – Cobot und selbstfahrende Plattform – so variabel wie nur möglich aus. Zudem verfügt der Mobilroboter über ein automatisches Werkzeugwechselsystem, mit dem es sich selbstständig mit dem passenden Endeffektor ausstatten kann.

Für die Handhabung nutzt das Bayreuther Unternehmen einen Roboter mit 15 Kilogramm Traglast und 1.200 Millimeter Reichweite. Hier können Anwenderinnen und Anwender entscheiden, welche die geeignete Lösung ist: die Standardausführung des Roboters oder die Cobot-Variante, die Einsätze mit direkter Mensch-Maschine-Interaktion erlaubt.

Der Standardroboter ist mit zahlreichen Sicherheitsvorrichtungen ausgestattet. Daher erfordert der Wandel vom Robot zum Cobot nur geringe Anpassungen. Augenscheinlichste Modifikation ist die Air-Skin,



Fotos: Stäubli Tec-Systems

eine berührungsempfindliche Haut, die den Cobot im Falle einer Kollision sofort stoppt. Die Reaktionszeit dieser Haut liegt bei nur 10 Millisekunden, was ein signifikantes Geschwindigkeitsplus gegenüber Sicherheitssensoren mit einer Reaktionszeit von 80 Millisekunden bedeutet. Die Stoppfunktion entspricht den Sicherheitsstandards und ist PLe-konform. So ausgestattet wird der Standard-Sechssachser zu einem schnellen Safebot.



Der mobile Roboter positioniert sich selbst an seinem Arbeitsplatz und beginnt mit dem Bestücken des Rundtaktisches.

Selbstfahrende Plattform: präzise und beweglich

Mindestens ebenso wichtig für die Gesamtleistung des Mobilroboters ist Hauptkomponente zwei, die selbstfahrende Plattform. Diese verfügt über drei integrierte Laserscanner. Der Mobilroboter kann autonom fahren und innerhalb seiner Produktionsumgebung navigieren. Das Fahrzeug kommt dank seiner Antriebstechnik mit vielen unterschiedlichen Bodenbelägen zurecht, verliert bei Unebenheiten nicht die Orientierung und erreicht eine Präzision von wenigen Millimetern. Darüber ist das System sehr beweglich, kann auf der Stelle drehen und ist kompakt genug, um auch in beengten Produktionshallen zurechtzukommen.

Das mobile Robotersystem in der Praxis

Wie Mobilroboter herkömmliche Produktionsszenarien ablösen können, zeigt sich am Beispiel der vollautomatischen Beschickung von Werkzeugmaschinen. Mobilroboter vernetzen die Fertigung, holen Werkzeuge aus dem Magazin, bringen diese zur

Maschine, be- und entladen Werkzeugmaschinen und verketteten diese bei Bedarf.

Künftig wird es möglich sein, dass mehrere Mobilroboter komplette Fertigungslinien bedienen, indem sie sowohl untereinander als auch mit einem übergeordneten ERP-System kommunizieren. Mithilfe solcher Mobilroboter können Anwenderinnen und Anwender in Industrie 4.0-Umgebungen mit größerer Autonomie, Flexibilität und Produktivität produzieren.

Wenn der Roboter zum Mitarbeiter wird

Auch entlasten Mobilroboter Mitarbeiter von unliebsamen Tätigkeiten. Ein Beispiel dafür ist die Montage von Elektrosteckern, die an Monotonie kaum zu überbieten ist. Dazu müssen jede Menge Kontaktpins präzise in den Stecker eingedrückt werden. Es sind immer die gleichen Handgriffe: Pin aufnehmen, präzise positionieren, eindrücken. Und das Pin für Pin, Stecker für Stecker, Stunde für Stunde. Dabei ist die Monotonie die eine Sache, die Zunahme der Fehlerquote bei fortschreitender Arbeitsdauer eine andere.

Mobilroboter übernehmen solche Aufgaben schnell, präzise und fehlerfrei. Deshalb betrachten ihn seine menschlichen Kolleginnen und Kollegen, die sich anderen Aufgaben zuwenden können, weniger als Roboter, sondern eher als Assistenten, der flexibel dort zur Stelle ist, wo er gerade gebraucht wird. Dieser Assistent kann bei Bedarf auch direkt mit dem Menschen interagieren und ihm bei diversen Tätigkeiten zur Seite stehen kann.

Damit Mobilroboter künftig so vielseitig wie möglich im industriellen Umfeld eingesetzt werden können, müssen insbesondere in der Konstruktion und in der Intra-logistik, aber auch in der Montage, die Weichen dafür gestellt werden. Nur dann lassen sich zukunftsweisende Mensch-Roboter-Produktionsstrategien erfolgreich umsetzen.

.....
Peter Pühringer
 Geschäftsführer
 STÄUBLI TEC-SYSTEMS GMBH

.....
Ralf Högel
 Autor

Mobile Plattformen erweitern das Spielfeld der Leichtgewichtroboter

ROBERT KOOPMANN

Zur autonomen Fertigung gehört die Verkettung von Maschinen. Mobile Plattformen mit Robotern bieten hierbei inzwischen eine Alternative zu den klassischen Möglichkeiten. Sie bieten mehr Flexibilität und sind – richtig konzipiert – nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich eine Überlegung wert.

Foto: Fabmatics, Sven Claus



Leichtbauroboter sparen Energie, arbeiten genau und ersetzen in vielen Anwendungen klassische Industrieroboter.

Wenn schon Automatisierung, dann aber bitte rund um die Uhr, auf jeden Fall aber so autonom wie möglich. Auf dem Vormarsch sind bei der Verkettung von Maschinen mobile Roboter, also fahrende Plattformen mit montierten Robotern. Für einen unterbrechungsfreien Betrieb stellt sich bei solchen mobilen Robotern die Frage: Wie versorge ich das System mit Energie? Hier bieten sich vor allem zwei Varianten an: eine Energieversorgung an Bord oder eine Ladestation am jeweiligen Einsatzort, wo sich das fahrerlose Transportsystem (FTS) andockt. Ein mitfahrender Energie-

speicher treibt die zu bewegende Masse an. Dafür ist das mobile System vor Ort unabhängig und kann ohne größeren Aufwand an jeder beliebigen Maschine eingesetzt werden. Induktive Ladestationen erleichtern das fahrerlose Transportsystem. Somit fallen keine Kosten für Ladestationen an.

Leichtbauroboter wie sie die Fanuc Deutschland GmbH aus Neuhausen konzipiert sind deutlich leichter als ein vergleichbarer Industrieroboter: Mit gerade einmal 39 Kilogramm Eigengewicht kann ein Roboter zum Beispiel 10 Kilogramm

tragen und er besitzt eine Reichweite von 1.418 Millimeter. So wie ein leerer Kofferraum zum energiesparenden Autofahren beitragen kann, senken solche Leichtbauroboter den Energieverbrauch. Diese FTS fahren auch länger autonom, bevor sie wieder einen Ladepunkt ansteuern müssen.

Zudem muss das FTS als Plattform ausreichend steif sein. Schließlich soll der montierte Roboter mit der vorgesehenen Genauigkeit arbeiten können. Auch hier punkten Leichtbauroboter, weil deren dynamische Kräfte entsprechend geringer sind als bei herkömmlichen Industrierobotern.

Sensorik bietet Sicherheit

Sicherheit ist neben technischer Machbarkeit und ausreichender Wirtschaftlichkeit die dritte Säule. Aktuell gibt es häufig den Ansatz, mobile Manipulation als sequentielle stationäre Manipulation auszulegen. Die Bewegung der Plattform und die Bewegung des Roboterarms finden also nicht gleichzeitig statt. Damit können die Geschwindigkeiten der beiden Systeme getrennt voneinander betrachtet werden. Soll der Roboter auf der Plattform während des Transports eine Aufgabe erledigen, muss entweder ein in sich sicherer Cobot oder ein klassischer Industrieroboter mit zusätzlicher Sensorik eingesetzt werden. Die Sensoren der mobilen Plattform zur Umfelderkennung, zum Beispiel Laserscanner, können zusätzliche Sensorik bieten.

Werden eine mobile Plattform und ein Roboter miteinander kombiniert, kann man nicht unbedingt davon sprechen, dass zwei Welten aufeinander prallen. Jedoch haben beide Subsysteme in der Regel ein eigenes Software- beziehungsweise Betriebssystem, das für die speziellen Belange ausgelegt und optimiert ist. Für das fertige System ist die Entscheidung zu treffen, ob die Intelligenz eher im FTS oder eher im Roboter oder der jeweiligen Steuerung untergebracht werden soll. Prinzipiell lassen sich beide „Intelli-

genzzentren“ nebeneinander betreiben. Beim Wechsel zwischen Fahr- und Handlungsaufgabe kann die Steuerung dann jeweils durch einen sogenannten Handshake übergeben werden.

Mit dem Ziel der steckerfertigen Anschlussmöglichkeit tauschen sich Roboterhersteller wie Fanuc auch mit FTS-Herstellern aus, um die erforderliche Konnektivität herzustellen. Es ist ratsam, für eine entsprechende Lösung eine Integratorin oder einen Integrator einzubinden. Denn so einfach es ist, eine App auf das Smartphone zu laden, wird es bei der Umsetzung einer kundenindividuellen Lösung mobiler Robotik nicht sein. Hilfreich für Kunden ist heute vor allem die einfache und intuitive Drag-and-Drop-Programmierung.

Universelle Schnittstelle

Um nicht für jeden Roboter und jedes FTS eine neue Schnittstelle auslegen zu müssen, konzentriert sich der Roboterhersteller aus Neuhausen auf eine weitgehend universelle Schnittstelle. Unter anderem erlaubt es der Datenaustausch über den Standard OPC UA, einen Roboter auf handelsüblichen fahrerlosen Transportsystemen zu adaptieren. Auf diese Weise wird aus einer autonomen Transportplattform ein mobiler Manipulator. Ziel bei der Fabrikautomatisierung sollte sein, insbesondere den Integratorinnen und Integrato-

ren die Kombination von Subsystemen, in diesem Fall fahrerloses Transportsystem und Roboter, zu erleichtern. Solche skalierbaren Standards erweitern das Angebot technischer Lösungen bei der Maschinenverkettung. Die Verkettung über Roboter an Linearachsen, über Transportbänder oder die reine Transportfunktion von Maschine zu Maschine wird nun ergänzt um eine sehr flexible Lösung.

Um von einer reinen Transportplattform zu einem mobilen Manipulator zu kommen, braucht es zusätzliche Komponenten: den möglichst flexiblen Manipulator gepaart mit einer vielseitig nutzbaren Greiferlösung. Derart vielseitige Greifer geraten in der Praxis schnell zu einer komplexen Sonderlösung. Werden an den verschiedenen Arbeitsstationen des mobilen Roboters unterschiedliche Aufgaben gefordert, ist möglicherweise ein Greiferwechselsystem statt eines aufwendigen Multifunktionsgreifers eine praktikable Lösung. Für den Roboterhersteller ist es daher wichtig, eine klare Schnittstelle bereitzustellen. Dies vereinfacht nicht nur die Integration der mobilen Roboter, sondern erweitert vor allem ihre Einsatzmöglichkeiten. ●

Robert Koopmann
Head of Technics Germany
FANUC Deutschland GmbH

WIBU
SYSTEMS

Das CodeMeter-Universum: Eine Konstellation von Schutz-, Lizenzierungs- und Sicherheitstools

Cybersicherheit erfordert Robustheit, Skalierbarkeit, Modularität und Effizienz in ständiger Feinabstimmung.

Das CodeMeter-Ökosystem schützt und monetarisiert die Maschinensoftware, Konfigurationsdaten und digitale Designs in der vernetzten Industrie.

Greifen Sie nach den Sternen und verlangen Sie Spitzenqualität!



Treffen Sie uns:
Halle 5
Stand B43

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



SECURITY
LICENSING
PERFECTION IN PROTECTION

Mit KI in der Robotik zu mehr Flexibilität, Resilienz und Autonomie

DOMINIK BÖSL

Der Arbeitskräftemangel stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen: Flexiblere Automatisierungslösungen mit Köpfchen sind gefordert, um die Personalnot auszugleichen. Robotersteuerungen basierend auf künstlicher Intelligenz sorgen jetzt für profitable und resiliente Automatisierung, indem sie erstmals verlässlich manuelle Tätigkeiten übernehmen.

Der Arbeitskräftemangel ist in Deutschland ein erhebliches Problem: Zwei Drittel der Unternehmen finden kein geeignetes Personal. Besonders betroffen ist das Handwerk und das produzierende Gewerbe, allen voran der Maschinenbau. Nicht nur Spezialistinnen und Spezialisten, auch Mitarbeitende vor allem für repetitive Fertigungsschritte fehlen.

Die Folge: Maschinen bleiben unausgelastet, Liefertermine verzögern sich, Aufträge werden abgesagt. Qualität, Rentabilität sowie Wettbewerbsfähigkeit sinken. Während aktuelle Krisen wie die Coronapandemie oder die Rohstoffknappheit erfordern, immer resilienter und flexibler zu produzieren, macht Personalnot handlungsunfähig. Auch die Standortsicherung könnte

auf Dauer gefährdet sein. Gerade für den Mittelstand hätte das Folgen.

Flexibility Gap hemmt Automatisierungsgrad

Um das zu verhindern, hat die Industrie eine alternative Lösung gefunden: Die Automatisierung. Industrieroboter und die

Fotos: Micropsi Industries



Die KI-Steuerung verleiht dank Kameras und KI-Robotern die Auge-Hand-Koordination. Manuelle Tätigkeiten lassen sich somit erstmals verlässlich automatisieren.



Die intelligente Robotersteuerung übernimmt bei der ZF Group das teilsortierte Picken von zufällig angeordneten, reflektierenden Ringen für die Zahnradproduktion.

bedienerfreundlichen Cobots kommen in immer mehr Betrieben zum Einsatz. Das Problem: Roboter sind vor allem für planbare Tätigkeiten geeignet. Komplexe, variantenreiche Aufgaben, wie sie oft in der Montage vorkommen, erfordern Spezialmaschinen oder Vorrichtungen. Aus Kostengründen lohnen sich diese nur bei hohen Stückzahlen und langen Produktlebenszyklen. Alternativ müssen Mitarbeitende jene Aufgaben übernehmen, für die Kollege Roboter zu unflexibel ist.

Dieses Problem wird auch als Flexibility Gap (Flexibilitätslücke) bezeichnet. Für niedrige Stückzahlen, ein kleines Budget und hohe Komplexität fehlten bisher geeignete Automatisierungslösungen. Das Resultat: An Handarbeitsplätzen übernehmen Werker Fertigungsschritte, da sie über die nötige Flexibilität verfügen. Sie können problemlos mit Varianzen wie die Positionierung von Teilen oder mit kurzfristigen Änderungen im Produktionsdesign umgehen – für Roboter unüberwindbare Hindernisse. Fehlen Mitarbeitende, bleiben diese Arbeitsplätze unbesetzt.

Künstliche Intelligenz schließt Flexibilitätslücke

Aktuell setzt sich eine neue Möglichkeit durch, diese Flexibilitätslücke zu schließen: der Zusammenschluss von künstlicher Intelligenz (KI) und Robotik. Mit Steuerungen basierend auf KI und einer Kamera erhalten Roboter die Auge-Hand-Koordination und eine ähnliche Flexibilität wie ein Mensch. Ein solches intelligentes System versteht, mit anders geformten Werk-

teilen oder Umweltänderungen umzugehen und passt seine Bewegungen in Echtzeit an.

Zum Einsatz kommen KI-Steuerungen heute schon in fast allen produzierenden Branchen. Auch den Anwendungen sind kaum Grenzen gesetzt: In der Montage übernehmen KI-gesteuerte Roboter variantenreiche Schritte wie Zustellbewegungen oder das Fügen und Verfolgen. Aufwendige Vorrichtungen oder der Umbau der Produktion für den Robotereinsatz werden überflüssig. Mit dem automatisierten Kabelstecken ermöglicht die Steuerung von Micropsi Industries das Greifen aus dem Raum. Führen sowie Ein- und Ausstecken von Kabeln ist erstmals automatisierbar.

KI für variantenreiche Produktionsschritte

Auch das Picken teilsortierter, metallisch glänzender Teile löst KI, wie der Einsatz dieser Steuerung in einer automatisierten Werkstückzufuhr bei der ZF Group beweist. In Friedrichshafen werden Metallringe aus einer Kiste entnommen und auf ein Förderband gelegt, um in die Produktion von Zahnrädern einzufließen. Die Schwierigkeit: Der Produktionsschritt ist sehr variantenreich, da sich die Ringe in der angelieferten Gitterbox verschieben und auch Platzierung und Form der Box variieren. Wechselnde Lichtverhältnisse und die glänzende Oberfläche der Ringe, die teilweise ölverschmiert sind, machen klassische Automatisierung unmöglich. Mit der KI-Steuerung konnte der Technologiekonzern das Problem in wenigen Tagen lösen.

Für den Einsatz der Steuerung wird ein Roboter nicht etwa programmiert, sondern trainiert. Dafür wird ihm die Aufgabe von der Bedienerin oder dem Bediener einige Male in typisch vorkommenden Varianzen mit der Kamera gezeigt. Weder KI- noch Programmierkenntnisse sind erforderlich. Mitarbeitende können für den Umgang geschult werden und so quasi nebenbei ihr Aufgabenspektrum erweitern.

Mit einem Return on Investment von in der Regel unter einem Jahr stellen vor allem KI-gesteuerte Cobots eine kosteneffiziente Lösung dar, um Handarbeitsplätze zu automatisieren. Sie sind so schnell trainiert und umgerüstet, dass sie sogar die Fertigung im High-Mix-Low-Volume rentabel übernehmen. Kleine Roboter lassen sich außerdem oft mobil an verschiedenen Orten oder nur zeitweise einsetzen.

Beispiele wie bei ZF demonstrieren, dass KI die nächste logische Stufe der Automatisierungsevolution ist. Sie hilft der Robotik da, wo konventionelle Automatisierung versagt: wenn es um Flexibilität, Varianz und Autonomie geht. Intelligente Lösungen ermöglichen erstmals eine Automatisierung von Tätigkeiten, die vorher aufgrund der Komplexität oder Kosten undenkbar war. In Anbetracht des Arbeitskräftemangels können KI-gestützte Roboter in Zukunft an manuellen Arbeitsplätzen unterstützen und einen erheblichen Beitrag zur Wettbewerbssicherung leisten. ●

.....
Dominik Bösl
Geschäftsführer
Micropsi Industries GmbH

Mobile Robotik unterstützt Smart Manufacturing

MARTINA CHMELÍČKOVÁ

Die autonome mobile Robotik hat in den letzten Jahren eine beispiellose Entwicklung erfahren. Ihr Markt wächst rasant. Sensortechnologien, Kameraerkennung und künstliche Intelligenz ermöglichen die volle Autonomie mobiler Roboter. Eine neue standardisierte Kommunikationsschnittstelle erweitert die bisherigen technischen Möglichkeiten deutlich.

Bilder: DataVision



Die standardisierte Kommunikationsschnittstelle VDA 5050 lokalisiert, navigiert, plant und terminiert eine flexible Gruppe von Robotern.

Fahrerlose Transportsysteme oder Automated Guided Vehicle (AGV) übernehmen seit einiger Zeit einfache Aufgaben in der Industrie, wie den Transport von Materialien oder Waren in der Produktion oder im Lager. Aber sie sind sehr unflexibel bei der Erfüllung ihrer Aufgaben. Sie arbeiten nach dem Prinzip der manuellen Führung durch Magnetbänder, die auf den Boden verlegt werden. Stoßen sie auf ein Hindernis, halten sie an und warten bis ein Mensch den Gegenstand entfernt. Auch ihre Implementierung in die interne Umgebung ist zeit- und kostenintensiv. Denn eine Zusammenarbeit von Roboter-einheiten unterschiedlicher Anbieter ist meist nicht möglich.

Mit dem Aufkommen der neuesten Sensortechnologien und Kameraerkennung sowie der Entwicklung der künstlichen Intelligenz (KI) wird die volle Autonomie mobiler Roboter und die präzise Navigation und Steuerung immer wichtiger. Autonome mobile Roboter gelten als die nächsthöhere Stufe verglichen mit bisherigen AGV. Der Schwerpunkt liegt auf ihrer vollen Autonomie und Flexibilität bei der Ausführung von Aufgaben, damit sie effektiv auf Veränderungen oder Ereignisse in der Umgebung reagieren können. Für die Entwicklung und Verfügbarkeit innovativer Technologien im Bereich Kommunikation, Lokalisierung, Standardisierung eignet sich die standardisierte Kommunikationsschnitt-

stelle VDA 5050. Diese ermöglicht die Entwicklung eines innovativen Systems zur Steuerung mobiler Roboter, das bestehende industrielle Systeme übertrifft, die auf älteren Technologien basieren.

Forschung für den Einsatz neuer Technologien

Die Firma Datavision s.r.o. entwickelt in Kooperation mit der Forschungsgruppe Multi-robot Systems der Technischen Universität in Prag und mit Unterstützung der Technologieagentur der tschechischen Republik (TAČR) ein innovatives System für Lokalisierung, Navigation, Planung und Terminierung einer flexiblen Gruppe von Ro-

botern, die miteinander kooperieren. Der Fokus von DataVision liegt dabei auf der künstlichen Intelligenz und Bildverarbeitung. Ziele des Forschungsprojekts:

- Entwicklung von Lokalisierungs- und Navigationseinheiten, die mobile Roboter auf dem Boden und auch in der Luft lokalisieren und navigieren können
- Konstruktion von Lokalisierungs- und Kontrolleinheiten, die als Module an existierenden Robotern integriert werden können und Retrofit ermöglichen
- Koordination einer Robotergruppe, die zum Teil voll autonom läuft und zum Teil vom Menschen kontrolliert wird
- Implementierung des neuen Standards VDA 5050
- Kontrolle von Robotern unterschiedlicher Hersteller

Datenfusion für präzise Lokalisierung

Je nach Applikationsbedarf wird die passende Kombination von Lokalisierungstechnologien gewählt. Für die präzise In-door-Applikationen, die Boden- und Luftroboter lokalisieren müssen, kann zum Beispiel die neueste Ultra-Breitband-Funktechnologie (UWB für Ultra-Wideband) verwendet werden, die bereits in der Industrie erprobt wird und sukzessive Anwendung in der Materialflussüberwachung findet. Diese wird zur Rückkopplungssteuerung der Be-

wegung mobiler Roboter eingesetzt. Die Lokalisierungseinheit basiert dabei nicht nur auf der drahtlosen UWB-Technologie, sondern nutzt die Datenfusion von mehreren Lokalisierungstechnologien, wie UWB, Inertial Measurement Unit oder Lidar. Dies erhöht die Genauigkeit und sichert die Zuverlässigkeit der Navigation, die in industriellen Anwendungen eine Schlüsselrolle spielt.

Schwarmintelligenz der Robotergruppe

Das neue System kann eine Gruppe von Robotern unterschiedlicher Hersteller kontrollieren und ermöglicht es Anwenderinnen und Anwendern, vom Lieferanten unabhängig zu sein. Die Integration verschiedener Roboter, darunter auch Drohnen, ermöglicht die Installation einer unabhängigen Lokalisierungs- und Kontrolleinheit. Dadurch entsteht eine selbstständige Robotergruppe, deren Roboter miteinander kooperieren und auch auf unerwartete Situationen reagieren können. Wenn beispielsweise einer der Roboter seine Aufgabe nicht mehr erfüllen kann, teilen sich die anderen Einheiten die Aufgaben effektiv auf, um ihn zu ersetzen.

Die Lokalisierungs- und Kontrolleinheiten werden als Hardware-Module so aufgebaut, dass diese auch auf einen existierenden Roboter angebracht werden kön-



Künftig wird es möglich sein, mobile Roboter auf dem Boden und Drohnen gleichzeitig zu steuern.



Flexibilität: Roboter können sich adaptiv an unerwartete Ereignisse auf der Strecke anpassen.

nen. Die Möglichkeit zum Retrofit ist normalerweise deutlich günstiger als der Kauf eines neuen Roboters. Diese Option bietet den Anwenderinnen und Anwendern auch eine große Flexibilität bei der Planung ihrer Robotergruppe.

“In der letzten Zeit haben wir häufig Anfragen zum Retrofitpaket bekommen von Firmen, die traditionell Spezialisten für Förderanlagen sind und einfache, nicht autonome AGV im Portfolio haben”, sagt Matouš Pokorný, Leiter des Forschungsprojekts. Eine Herausforderung für das Projektteam ist es, das System so zu entwickeln, dass es die Roboter, die auf dem Boden fahren, und gleichzeitig die Roboter in der Luft (Drohnen) steuert.

“Die Mehrheit der Steuerungssysteme kann entweder Boden- oder Luftroboter steuern und koordinieren. Unser Ziel ist es, beide Welten miteinander zu verbinden. So ein System kann eine Gruppe von AGV and Drohnen koordinieren”, ergänzt Pokorný.

Die Unabhängigkeit von Roboterherstellern ist für die Projektmitglieder zentral. Die standardisierte Kommunikationsschnittstelle VDA 5050 für die Kommunikation zwischen dem Steuerungssystem und den mobilen Robotern legt die Basis dafür. Im Rahmen des Projekts wird dieser Standard implementiert und er ermöglicht die Entstehung einer flexiblen, herstellerunabhängigen Technologie. Die Vernetzung von Schlüsselkomponenten aus Produktion, Logistik und Management ist der Grundstein einer intelligenten, digitalen Fabrik im Sinne der Industrie 4.0-Initiative. ●

Martina Chmelíčková
Business Development Manager
DataVision s.r.o.

Gefühlvolle Roboter dank Tastsinn per Sensorik

MASSUD KHAKI

Geht es um smarte Trends für Industrie und Produktion, fällt aktuell schnell der Begriff Cobot. So werden kollaborative Roboter genannt, die problemlos, ohne Schutzzäune oder ähnliches mit dem Menschen zusammenarbeiten. Um flexibel agieren und sicher mit dem Menschen interagieren zu können, benötigen sie einen Tastsinn.



Magnetostriktive Sensoren messen Kräfte auf einer Welle berührungslos, verschleißfrei, ohne Kondenswasserbildung und in rauen Industrieumgebungen.

Ein Roboter ist intelligent, wenn er seine Umgebung wahrnimmt und auf sie reagiert, um komplexe Aufgaben auszuführen. Intelligente Roboter benötigen dafür Sensoren, die ihnen Informationen über ihr Umfeld vermitteln. Mithilfe von 3D-Kameras und Laserscannern nehmen sie ihr Umfeld optisch wahr. Doch optische Systeme können durch ungünstige Lichtverhältnisse oder Staub beeinträchtigt werden. So wie ein Mensch verschiedene Sinne gleichzeitig nutzt, und die einzelnen Wahrnehmungen im Gehirn zu einem Gesamtbild verknüpft, muss ein intelligenter Roboter über sogenannte multimodale Sensorik verschiedene physi-

kalische Ereignisse simultan erfassen und auswerten.

Einen Tastsinn erhalten Roboter über Drehmoment- und Kraftsensoren. Berührungsfreie Drehmomentsensoren des Sensorikanbieters NCTE AG eröffnen neue Anwendungen. Das Unternehmen aus Oberhaching bei München nutzt für seine Sensorik eine eigens entwickelte Technologie der elastischen Magnetostriktion. Diese beruht darauf, dass sich das Magnetfeld eines Gegenstands durch einwirkende mechanische Kräfte ändert. In E-Mobilität, Agrartechnik und Industrie 4.0 sammeln die Sensorlösungen in Echtzeit Daten. In der Robotik magnetisiert der Sensorikspe-

zialist die bestehende Welle in den Gelenken. Sie wird zum „Sender“. Ein frei gestaltbarer Minisensor erfasst dabei kontaktlos, selbst mehrere Millimeter von der Welle entfernt, die Veränderungen im Magnetfeld und wertet diese aus. Ein weiterer Eingriff in das Originaldesign des Gelenks ist nicht nötig – es bleibt leicht und kompakt.

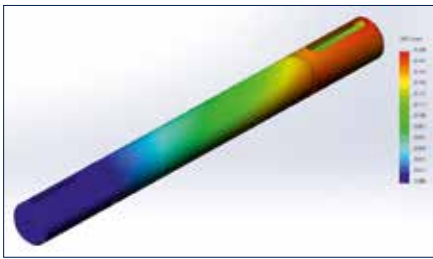
Magnetostriktion: Zuverlässig selbst in Hohlwellen

Mit diesem Verfahren lassen sich selbst Hohlwellen mit Bohrungsdurchmessern ab sechs Millimeter mit innenliegenden leistungsführenden Kabeln zu Primärsensoren magnetisieren. Das ermöglicht es, Versorgungsleitungen für den Antriebsmotor der nächsten Achse oder Steuer-, Sensor- und Pneumatikleitungen für den Greifer im Inneren der Achse durchzuführen. Der Roboter wird von Kabelfesseln befreit und kann sich erheblich besser bewegen.

Der entscheidende Vorteil der magnetischen Technologie ist die kontaktfreie Drehmomentmessung. Das macht den Sensor äußerst robust, vor allem in rauen Industrieumgebungen. Optische Laserscanner können Probleme durch Streulicht, Staub oder Dreck bekommen. Dehnmessstreifen kämpfen bei starken Temperatur- und Lastwechseln mit Langzeitstabilität. Der Betrieb dieser magnetischen Technologie ist im Gegensatz zu Dehnmessstreifen völlig verschleißfrei. Das erzeugte Magnetfeld ist langzeitstabil und unempfindlich gegen externe Einflüsse wie Vibrationen, hohe Umdrehungszahlen und Temperaturen.

Damit die Maschinen Arbeitsaufträge „gefühlvoll“ erledigen, werden in den Roboterarmen drehmomentführende Wellen,

Bilder: NCTE



Die Technologie der elastischen Magnetostriktion ermöglicht die berührungsfreie Sensorik. Hier in der CAD-Simulation: Eine Kraft auf der Welle ändert die Gitterstruktur der eingebrachten Magnetisierung.

Achsen und Gelenke mit Sensoren ausgestattet. Hier realisiert NCTE optimierte Geometrien für die jeweilige Robotikanwendung. Die Drehmomentsensoren erfassen präzise jegliche Veränderung von Kräften, mit Abtastraten von über zehn Kilohertz. Die Daten liefern die Sensoren in Echtzeit an die Kundenschnittstelle aus, was eine hohe Dynamik der Roboterbewegungen ermöglicht.

Die Sensorlösungen können auch Drehmomentmessung und parallele Biegunsmessung in zwei Achsen in einem einzigen Sensor vereinen. Hierfür werden mehrere Miniatursekundärsensoren kombiniert. Sie erheben unterschiedliche Leistungsdaten gleichzeitig, etwa Drehmoment, Scherung und Biegung. Dies bringt insbesondere in Anwendungen mit komplexen Bewegungsabläufen und unberechenbaren Vorkomm-

nissen Vorteile. Besonders wichtig: Die ständige Kräfte rückmeldung ermöglicht ein Lernen des Roboters. An jeder Position werden die Koordinaten und Rahmenmessgrößen des Arbeitszyklus gespeichert. Über die Kraftmessung lernt der Roboter, welche Drehmomente und Kräfte im jeweiligen Arbeitsschritt einzuhalten sind.

Wie hoch die Genauigkeit der eingesetzten Drehmomentsensoren sein muss, hängt vom jeweiligen Einsatzgebiet der Roboter ab. Für Regelungen werden Sensoren mit einer sehr hohen Präzision sowohl bei kleinsten als auch bei größeren Kräften verwendet.

Drehmomentsensoren bieten Sicherheit

Kollaborierende Roboter werden nur unter Beachtung strenger Sicherheitsvorschriften in direkter Nähe ihrer menschlichen Kolleginnen und Kollegen eingesetzt. Diese Sicherheit bringt die Sensorik. Berührt ein mit Drehmomentsensoren ausgestatteter Cobot einen im Umfeld stehenden Menschen, stoppt der Cobot sofort ab. Das funktioniert zuverlässig selbst bei kleinsten Berührungen.

Neben der Sicherheit liegt dabei ein zentraler Fokus auf Präzision und Wiederholbarkeit der Arbeitsschritte. Dies gilt etwa, wenn Komponenten, die bisher von Hand verbaut wurden, wie elektronische Bauteile für die Automobilindustrie oder Smartphonegehäuse, wiederholgenau mit höchster Präzision montiert werden sollen. Oder wenn Roboter Touchscreens testen, und diese nur mit minimalem Kraftaufwand bedienen dürfen.

Bisher werden diese intelligenten Roboter vor allem in der Industrie eingesetzt. Doch auch in der Landwirtschaft, in der Medizin oder im Einzelhandel machen smarte Roboter mittlerweile Karriere. Sie werden zunehmend in unseren Alltag einziehen. Im Pflegesektor sollen Roboter in Zukunft auch menschliche Aufgaben übernehmen. Sie brauchen neben Augen und Ohren auch das notwendige Tastgefühl. Intelligente Sensoren halten die Sinne zusammen.

.....
Massud Khaki
 Account Manager Distribution
 NCTE AG

Anzeige

ENABLED ROBOTICS

stellt mit der ER-FLEX Plattform ein mobiles Konzept zur kollaborativen Unterstützung der Produktion von heute und morgen zur Verfügung. Das Prinzip mit mobiler Ladefläche und Manipulator ermöglicht eine Flexibilisierung der Intralogistik durch autonome Interaktion mit dem Produktionsumfeld.



Neben einer intuitiven, graphischen und web-basierten Bedienoberfläche, die alle, sowie auch zusätzliche Funktionselemente der Plattform fusioniert, verfügt das System mit ER-VISION auch über ein bereits integriertes 3D-Kamerasystem, welches den Einsatz künstlicher Intelligenz zur Objekterkennung und variablen Posenschätzung möglich macht.

Diskutieren Sie mit uns potentielle Anwendungen!

Lernen Sie die Integration-Kits für Systemintegratoren kennen.



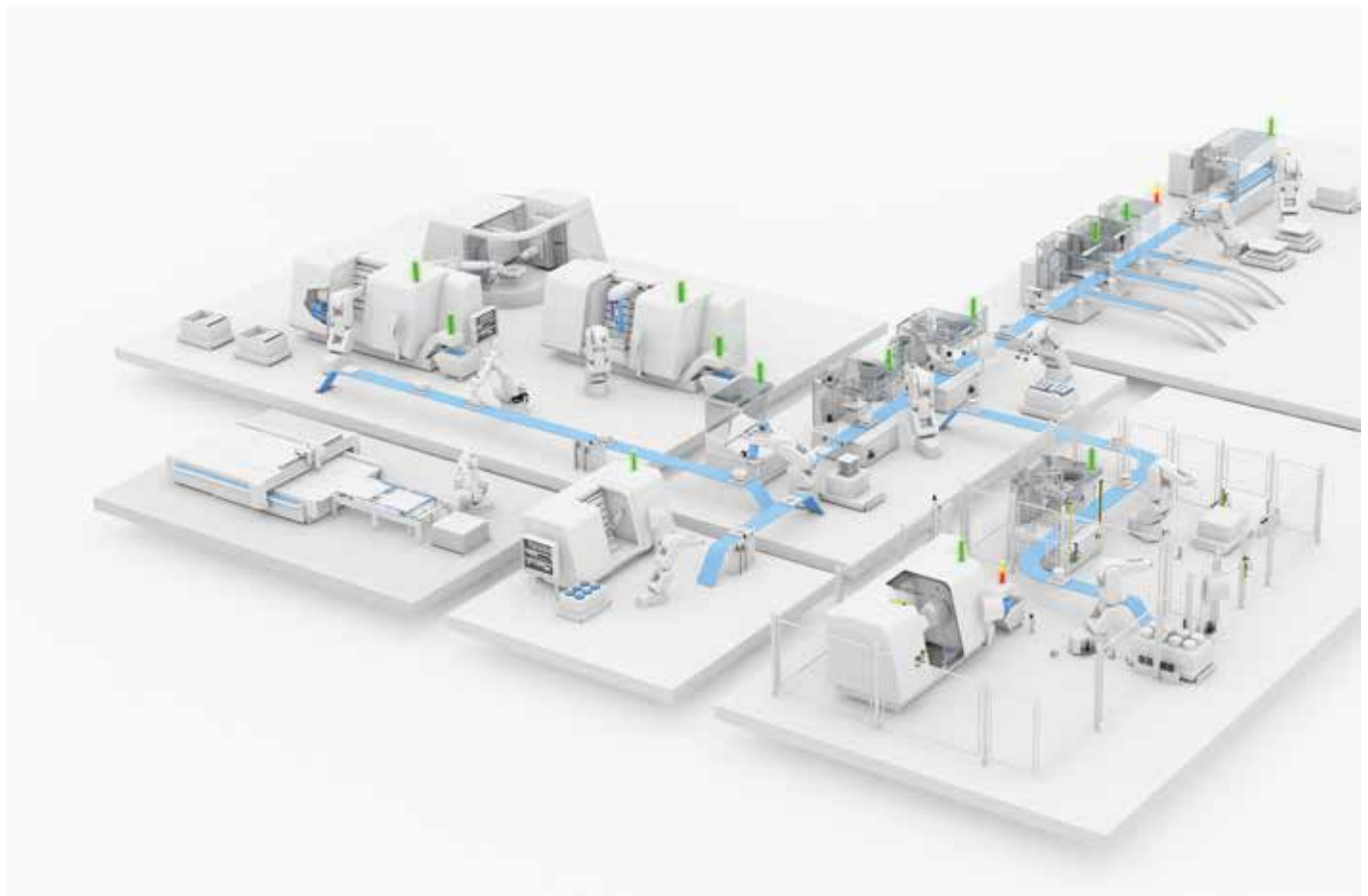
NEXT. robotics GmbH & Co. KG Albert-Schweitzer-Str.18 78052 Villingen-Schwenningen Telefon: +49 7721 99552-0 E-Mail: contact@next-robotics.de

Wireless-Technologie eröffnet Anwendungsfelder in mobiler Robotik

CHRISTIAN HOLDER

Für die Fabrik der Zukunft spielen der flexible Einsatz smarterer Komponenten und Technologien eine elementare Rolle, um Daten generieren und verarbeiten zu können. Wireless-Technologien eröffnen neue Möglichkeiten für den Einsatz mobiler Robotik in der Automation. IO-Link Wireless ist dabei eine schnelle und zuverlässige Lösung.

Bilder: Balluff



IO-Link-Kommunikation ist auch in der mobilen Robotik einsetzbar – egal ob Logistik, Fertigung oder Montage.

Für das Industrial Internet of Things (IIoT) ist IO-Link ein zentraler Baustein. Als digitale Schnittstelle ermöglicht der Kommunikationsstandard IO-Link eine feldbusunabhängige Punkt-zu-Punkt-Verbindung sowie eine nahtlose Kommunikation zwischen Sensor und Automatisierungssystem. Besonders bei engen Platzverhältnissen oder in mobilen sowie dynamischen

Anwendungen ist die notwendige Verkabelung von Sensoren und Aktoren allerdings häufig die größte Hürde bei der Implementierung verschiedener Anwendungsfälle. Mit der Wireless-Technologie lässt sich die industrielle Kommunikation entfesseln, da sie bisher notwendige Leitungen und Kabel durch die berührungslose Datenübertragung obsolet macht.

IO-Link Wireless ist ein internationaler Funkstandard, der das Frequenzband 2,4 Gigahertz Industrial, Scientific and Medical Band (ISM) nutzt. Anstatt per Kabel empfängt der Wireless-Master die Sensordaten per Funk über eine Bridge oder einen Hub. Dem Einsatz sind dabei keine Grenzen gesetzt, da IO-Link Wireless auf der standardisierten Technologie für IO-Link



Die Wireless-Technologie IO-Link macht bisher notwendige Leitungen und Kabel durch die berührungslose Datenübertragung obsolet.



Der Sensorhub empfängt die Sensordaten per Funk.

nach DIN IEC 61131-9 aufbaut und so alle Ansprüche der Fabrikautomation erfüllt. Dabei ist IO-Link Wireless in einem Frequenzbereich von 2.4 – 2.483 Gigahertz weltweit lizenzfrei nutzbar.

Blacklisting schließt belegte Kanäle aus

Mögliche Störungen, die beispielsweise durch den gleichzeitigen Betrieb von WLAN-Systemen entstehen, sind ausgeschlossen. Die implementierte Frequency Hopping Funktion ermöglicht es, überlastete Frequenzkanäle zu vermeiden. Durch zusätzliches Blacklisting können außerdem bekannte, bereits belegte Kanäle direkt ausgeschlossen werden. Die Geräte kommunizieren über einen Knotenpunkt (IO-Link Master), direkt mit der Steuerung, was eine stabile und kontinuierliche Verbindung von Master zu Device sicherstellt. Dabei ist IO-Link Wireless deutlich flexibler als kabelgebundene Varianten – mit hoher Skalierbarkeit.

Flexibel, nachrüstbar und sicher

Die großen Vorteile gegenüber kabelgebundenen Varianten liegen auf der Hand: Mehr Flexibilität und Mobilität sowie eine erleichterte Planung und Installation, auch als Retrofit-Lösungen, sprechen für sich. Großes Augenmerk bei der Entwicklung von IO-Link Wireless lag für Balluff auch auf der hohen Zuverlässigkeit: Eine Latenz von fünf Millisekunden sowie eine Paketdatenfehlerrate von 10^{-9} ermöglichen eine direkte Anbindung sowie schnelle und zuverlässige Datenübertragung – mit der-

selben Kommunikationsstabilität wie der kabelgebundene IO-Link Standard. Damit liegt die Fehlerrate deutlich geringer als bei anderen Wireless-Technologien, wie WLAN, Bluetooth oder 5G.

Die möglichen Einsatzbereiche für IO-Link Wireless sind vielseitig. So stehen beispielsweise in der Robotik oder bei Transportsystemen dynamische Bewegungsabläufe auf drei Achsen auf der Tagesordnung. Eine Verkabelung ist hier durch die erschwerten Bedingungen oftmals aufwendig und kostspielig oder gar nicht realisierbar. Werden Sensoren und Aktoren fest verdrahtet, besteht außerdem das Risiko eines Ermüdens oder Brechens der Kabel und Kontakte durch vorherrschende Torsionskräfte. Die Folge: Maschinenstillstand. Eine berührungslose Datenübertragung kann bei Roboterarmen neue Anwendungen ermöglichen – in Kombination mit berührungsloser Stromversorgung sind durch diese Technologie zukünftig sogar ganz neue Anwendungsfälle denkbar.

Kombination unterschiedlicher Wireless-Technologien notwendig

Die Anforderungen an die mobile Robotik im Bereich der Sensorik sind herausfordernd: Feste Verdrahtungen oder Verkabelungen sind durch den dynamischen Einsatz ausgeschlossen. Die Kombination unterschiedlicher Wireless-Technologien ist hier notwendig, um ein intelligentes System zu ermöglichen. So ist neben der Frage der Energieversorgung auch die kabellose Übermittlung von Daten ein kritischer Erfolgsfaktor. IO-Link Wireless kann bei mo-

bilen Robotern neue Anwendungsfehler ermöglichen: Angebracht auf den mobilen Komponenten, senden die Sensoren die Signale kabellos an den Master, der die Signale bündelt und an die Steuerung übergibt. Mobile Anwendungen können dabei in einer Reichweite von zehn bis 20 Metern zuverlässig realisiert werden.

Ergänzung zu kabelgebundenen Lösungen

Die zunehmende Flexibilisierung in der modernen Fertigung bedingt einen Anstieg des Anteils von Wireless-Lösungen im industriellen Umfeld. Diese werden kabelgebundene Lösungen ergänzen. So steht IO-Link Wireless in keinerlei Konkurrenz zu kabelgebundenen Lösungen, sondern stellt eine vielversprechende Erweiterung dar. Die intelligente Kombination verschiedener Varianten je nach Einsatzgebiet ergibt das ideale leistungsfähige System. ●

Christian Holder
Director Business Strategy Management
Balluff GmbH



Das Netzwerkmodul verbindet die intelligenten Sensoren und Aktoren mit der Steuerung.

Hybride Lösungsansätze steigern Effizienz in Produktion und Logistik

SABINE HARTGES UND VOLKER GLÖCKLE

Roboter und fahrerlose Transportsysteme übernehmen immer komplexere Aufgaben und garantieren in der Theorie eine hohe Verfügbarkeit und Produktivität. Doch oft treten im Prozess Störungen auf. Abhilfe schaffen intelligente, hybride und vor allem ganzheitliche Systeme, basierend auf Sensoren unterschiedlicher Technologien.

Eine Vielzahl von Safety- und Lokalisierungslösungen kommt in intralogistischen Transportprozessen zum Einsatz: Laserscanner, am Automated Guided Vehicle (AGV) verbaut, verhindern Kollisionen und helfen bei der Navigation von automatisierten Fahrzeugen. Unternehmen können dafür aus einem großen Baukasten von optisch-magnetischen Spurfüh-

rungssystemen, Raster-Lokalisierung und Konturlokalisierung nach Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit und anderer individueller Gegebenheiten wählen. Jede dieser Technologien punktet für sich mit Vorteilen, enthält aber auch anwendungsspezifische Limitierungen.

Ist beispielsweise aufgrund eines statischen Routennetzes oder anderer Rahmen-

parameter eine optische oder magnetische Spurführung installiert, ist es aufwendig, die Spuren auf dem Hallenboden zu erhalten und zu reparieren. Denn einmal aufgezeichnete Wege sind bindend, die AGV können Hindernisse nicht umfahren und Beschädigungen führen zum Stillstand der mobilen Plattformen. Produktivitätseinbußen sind die Folge. Auch Änderun-

Fotos: Sick



Dank intelligenter Kombinatorik der Spurführungssensorik mit am AGV verbauter Safety-Sensorik bleiben Unterbrechungen aus.



Magnetisch-optische Spurführungen sind einfach aufzubringen, aber nicht dynamisch anpassbar.



Mit Augmented Reality Apps die Komplexität im Griff behalten: Kosten- und zeitintensive Wartungshotlines werden obsolet.

gen oder Erweiterungen der Wegeführung erfordern Zeit und sind während des operativen Betriebs nur schwer umsetzbar.

Sensorik intelligent kombiniert

Die Lösung bringt ein hybrider Ansatz – eine intelligente Kombinatorik der Spurführungssensorik mit der am AGV verbauten Safety-Sensorik. Denn beim Nachverfolgen der physischen Leitlinien erzeugen Laserscanner permanent Messdaten, die über eine Software aus der Umgebungskontur eine digitale Karte erstellen. Verliert nun das Fahrzeug die Spur, erkennt das die Lokalisierungssoftware und stellt auf LiDAR-basierte Konturlokalisierung um. Das AGV bleibt ohne Unterbrechung in Aktion und die Produktivität hoch.

Diese Kombinatorik verbindet die Vorteile einer zunächst einfach aufzubringenden Spurführung mit einer hochflexiblen Konturlokalisierung, ohne eine initiale Kartierung der Umgebung durch Fachpersonal. Es ist möglich, die Flexibilität der Kon-

turlokalisierung beim Befahren von sich stark verändernden Umgebungen mit der Wiederholgenauigkeit einer Spurführung in langen Gängen oder bei Andockvorgängen zu kombinieren. Reflektoren machen das System hierbei noch robuster.

Für eine gute Skalierbarkeit und eine hohe Modularität ist ein umfassendes Portfolio an Sensorik unterschiedlicher Technologien notwendig sowie eine entsprechend performante Integrationsplattform und auf den Anwendungsfall zugeschnittene Softwarebausteine. Nur damit lässt sich die Vielzahl von Applikationen bewältigen, die eine zuverlässige Leistung der mobilen Plattformen und einen reibungslosen Materialfluss gewährleisten.

Jedoch stellt die bisher starre Definition von Schutzfeldern ein Problem im Umfeld mobiler Robotik dar. Für die unterschiedlichen Fahrzeugzustände müssen Anwenderinnen und Anwender viele Feldgeometrien manuell berechnen und verwalten. Auch hier kann die am AGV vorhandene Safety-Sensorik mittels eines Assistenzsystems die Aufgabe effektiver lösen: Durch Vorgabe eines einzigen Schutzfeldes auf Basis bestimmter Kennwerte wie Höchstgeschwindigkeit, Fahrtrichtung und Bremsverhalten berechnet der Safety-Scanner alle notwendigen Felder. So wird die Schutzfeldgröße dynamisch an die Geschwindigkeit des Fahrzeuges angepasst.

Objekte eindeutig klassifizieren

Auch Erkenntnisse aus der Lokalisierung können künftig in die intelligente Anpassung der Sicherheitsfunktion einfließen. Dabei messen AGV nicht nur Schutzfeldverletzungen, sondern auch Distanzen sicher, woraus sich eine eindeutige Objektklassifizierung ableiten lässt. So ist es in Zukunft denkbar, dass mobile Plattformen ein Objekt mit unverminderter Geschwin-

digkeit passieren, weil die Verwechslung mit einem sich bewegenden Hindernis ausgeschlossen ist.

Die Dynamisierung der Schutzfelder auf Basis der Messdaten reduziert den Berechnungs- und Programmieraufwand für Schutzfeldgrößen deutlich. Dies erhöht die Sicherheit und verkleinert die Schutzfelder. Die Gefahr fehlerhafter Schutzfeldverletzungen wird minimiert und weniger Ausfallzeiten führen in Summe zu einem höheren Produktivitätslevel.

Apps reduzieren Komplexität

Die augenscheinliche Komplexität solcher hoch automatisierter Systeme wirft natürlich Fragen zu deren Beherrschbarkeit auf. Die Antwort darauf geben intelligente grafische Benutzeroberflächen. Solche Augmented Reality Apps ermöglichen es, jederzeit den Überblick über alle Sensordaten zu behalten. Der Anwender kann mit dem Smartphone die Sensordaten direkt vor Ort visualisieren und etwa die Feldverletzung eines Scanners im Falle eines stehenden AGV direkt erkennen und beheben. Der Anruf bei einer Hotline und die damit einhergehenden Kosten und Verzögerungen entfallen.

Systemische Lösungsansätze und intuitiv zu bedienende Visualisierungstools sorgen schließlich dafür, dass die gesteigerte Automatisierungsdynamik tatsächlich auch zu einer Steigerung der Produktivität führt. ●

Volker Glöckle
Senior Vice President
Global Industry Center Technical Industry
Competence & Innovation
SICK AG

Sabine Hartges
Marketing Communications Manager
SICK AG

Kamerabasierte Sensorik für die Manipulation in der mobilen Robotik

DR. NICOLAS ALT

Roboterarme auf mobilen Robotern ermöglichen eine Vielzahl neuer Anwendungen mit größerer Autonomie. Jedoch ist ihr Einsatz technisch aufwendig und oft noch unwirtschaftlich. Kamerabasierte Sensoren zur sensorlosen Steuerung von Roboterarmen schaffen Abhilfe. Sie reduzieren Gewicht und Systemkomplexität durch den Einsatz von Computer Vision erheblich.

Service-roboter dringen in immer mehr Branchen und Anwendungen vor. Gerade in der Intralogistik haben sogenannte Autonomous Mobile Robots (AMR) einen festen Platz erobert. In anderen Bereichen wie Reinigung, Landwirtschaft, Gastronomie oder in privaten Haushalten sind sie zunehmend anzutreffen.

Jedoch sind nur wenige kommerzielle mobile Service-roboter mit Roboterarmen ausgestattet, obwohl solche Systeme in der Forschung seit Jahrzehnten unter-

sucht werden. Mobilem Robotern fehlt die Fähigkeit zur Manipulation – selbst einfaches Ein- und Ausladen übernehmen Menschen oder andere Systeme. Die Gründe dafür sind vielschichtig: Neben der deutlich höheren Komplexität sind Roboterarme häufig zu schwer, zu groß, und sie erhöhen den Preis mobiler Roboter erheblich. Zudem steht die Basis zumeist still während der Arm arbeitet und umgekehrt – der Durchsatz des Gesamtsystems kann also sogar sinken.

Die Steuerung von Service-robotern unterscheidet sich fundamental von den festen Programmabläufen industrieller Roboter. Der Roboter arbeitet in keiner festen Struktur oder Umgebung und muss diese daher zunächst erfassen. Jede Aktion und Bewegung ist Ergebnis einer oft aufwendigen Planung auf Basis eines Umgebungsmodells, das die Geometrie und andere Eigenschaften der Umwelt abbildet. Dies geschieht indem kontinuierlich aus verschiedenen Perspektiven aufgenommene

Bilder: Visiavi Robotics



Kamerabasierte Sensorik für Gelenkwinkel: Die Kamera beobachtet den Arm, eine Software errechnet die Gelenkwinkel in Realzeit aus dem Bild. Enkoder im Arm sind zur Steuerung nicht nötig.

Industriegreifer mit integrierten Kameras und kamerabasierten, taktilen Sensoren benötigen keine Verkabelung in den Fingern.



Bilder und Tiefendaten fusioniert werden. In einfachen Fällen kommen Laserscanner zum Einsatz, mit denen eine 2D-Karte zur Navigation erstellt wird. Leistungsfähige 3D-Modelle nutzen kombinierte Tiefen- und Farbkameras (RGBD).

Die Kamera wird zum Sensor

Die Kamera und die zugehörige Computer Vision definieren die Fähigkeiten und Funktionen eines intelligenten Roboters. Die Kamera wird zum essentiellen Sensor. Daher liegt es nahe, diese leistungsfähigen äußerst kostengünstigen Sensoren möglichst umfassend einzusetzen. Kameras können sogar andere dezidierte Sensoren und Komponenten ersetzen und so die Hardwarekomplexität des Roboters reduzieren.

Neuartige kamerabasierte Sensoren zur Bewegungsteuerung und Kraftmessung an Roboterarmen und -greifern verfolgen genau diesen Ansatz. Roboterarme lassen sich so komplett ohne Sensoren in beweglichen Komponenten aufbauen und nur über das Bild einer extern und stationär angebrachten Kamera steuern. Dieses System hat die Visevi Robotics GmbH gemeinsam mit der TU München entwickelt.

Die kamerabasierten Sensoren beruhen auf einem einfachen Konzept: Am Roboter werden einfache, kostengünstige „passive Elemente“ dort angebracht, wo sonst Sensoren benötigt werden – zum Beispiel an Gelenken, am Handgelenk und den Fingern. Bei den passiven Elementen handelt es sich um Marker und für die Kraftmessung um elastische Strukturen

wie Federn. Diese werden von einer gewöhnlichen Kamera beobachtet und über eine Software getrackt. Die Installation von Elektronik und Verkabelung für Sensoren im Arm entfallen. Das System liefert die drei wichtigsten Sensormesswerte, die von sensitiven Roboterarmen benötigt werden: Gelenkwinkel (virtuelle Encoder), Kraft- und Drehmoment, sowie taktile Daten. Neben einem komplett sensorlosen Design können vorhandene Sensoren auch damit kontrolliert oder kalibriert werden.

Bildbearbeitungssoftware: Herzstück des Systems

Die Gelenkwinkel werden durch Erkennung und Tracking der visuellen Marker am Arm – zum Beispiel an Basis, Ellenbogen und am Endeffektor – abgeleitet. Bei den Markern handelt es sich um beliebige gedruckte Texturen oder um geometrische Strukturen. Um die Sichtbarkeit immer zu gewährleisten, kommen mehrere Marker und gegebenenfalls auch mehrere Kameras zum Einsatz. Das Herzstück des Systems ist die Bildverarbeitungssoftware, die die Gelenkwinkel über mathematische Methoden in Realzeit mit beispielsweise 120 Hertz aus dem Verhältnis der Marker zueinander berechnet. Der virtuelle taktile Sensor nutzt zusätzlich ein Schaumstoffelement auf der Innenseite der Finger des Greifers, das sich bei Krafteinwirkung verformt. Die Bildverarbeitungssoftware er-

fasst die Verformung und rechnet diese in ein Druck- beziehungsweise Kraftprofil um.

Doch warum profitieren gerade mobile Roboter von einem kamerabasierten Sensorsystem? Bei der Positionierung des Arms zu einem Zielobjekt müssen mobile Roboter mit besonders vielen teilweise dynamischen Fehlern zurechtkommen, wie Kalibrierfehler, ungenaue Positionierung oder Schwanken der Plattform, unebener Boden und variable Position des Zielobjekts. Kamerabasierte Sensorik vermisst Arm und Zielobjekt mit der gleichen Kamera und erfasst somit direkt die echte Relation derselben, inklusive aller Störungen. Zusätzliche Kalibrier- oder Korrekturverfahren sind unnötig.

Darüber hinaus erlaubt die Fehlertoleranz der kamerabasierten Sensorik einen einfacheren und leichteren mechanischen Aufbau von Roboterarmen: Verbindungselemente aus Kunststoff oder Karbon verbiegen sich zwar, doch dieser Fehler wird direkt miterfasst. Bisher nutzen diese Arme meist starre Metallstrukturen, denn die integrierten Sensoren können Verbiegungen nicht erfassen. Die reduzierte Systemkomplexität durch den weitgehenden Verzicht auf Sensoren im Arm macht mobile Roboterarme wirtschaftlich. ●

*Dr. Nicolas Alt
Geschäftsführer
Visevi Robotics GmbH*

Prototyp eines kleinen Roboterarms mit kamerabasierter Sensorik: Er eignet sich für den Einsatz auf kostengünstigen Robotern.



Impressum

Herausgeber und Verlag

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

Geschäftsführung

Stefan Prasse, Holger Breiderhoff

Anzeigenleitung/Projektleitung

Robert Hruby
robert.hruby@vdma.org

Redaktion

Antje Stohl
Telefon +49 173 6566991
a.stohl@frankfurt-pr.de

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

6750 Exemplare

Titelbild

Fotografiert von Manfred Zimmermann,
Euromediahouse

Foto Seite 2

DIATEST Hermann Költgen

Quelle Seite 3

Statista, 3D-grenzenlos, AMA e. V.
Fotos: MarinaGrigorivna/shutterstock,
jonjutabe/iStock

Layout und Design

VDMA Verlag GmbH

Produktion

designtes, Frankfurt am Main

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

Störungen verringern, Effizienz und Gewinn verbessern und die Zeit bis zur Markteinführung über den Produktlebenszyklus hinweg verkürzen

Durch Fertigungsautomation
sichern Sie die
Zukunftsfähigkeit
und verringern
Lieferkettenprobleme,
Inflation und mehr



Fordern Sie gleich das limitierte
aPriori's Digital Guidebook an!

Was haben wettbewerbsfähige, profitable Hersteller gemeinsam?

Sie wissen um den Wert der digitalen Transformation

Hersteller, die den digitalen Wandel vollzogen haben, sind konkurrenzfähiger. Wer darauf verzichtet, nimmt etwa das Fehlen automatisierter Betriebsabläufe und eine mangelnde Belastbarkeit in Kauf.

Nutzen Sie digitale Intelligenz zur Beschleunigung der Produktentwicklung, der Produktivität und der Zeit bis zur Markteinführung.

Durch die digitale Transformation können Unternehmen:

- **Wettbewerbsfähig bleiben**
- **Kundenerwartungen erfüllen**
- **Bessere strategische Partnerschaften entwickeln**
- **Die betriebliche Zusammenarbeit verbessern**
- **Bei Lieferantenverhandlungen taktischer vorgehen**

Die digitale Transformation sorgt für Beweglichkeit und ermöglicht eine kosteneffiziente, skalierbare Produktentwicklung.

Source: Accenture

Beeindruckende Ergebnisse

20 - 40%

kürzere Markteinführungszeit insgesamt

5 - 70%

Reduzierung der Prototypen- und Testzeit

15 - 30%

Reduzierung der F&E-Kosten

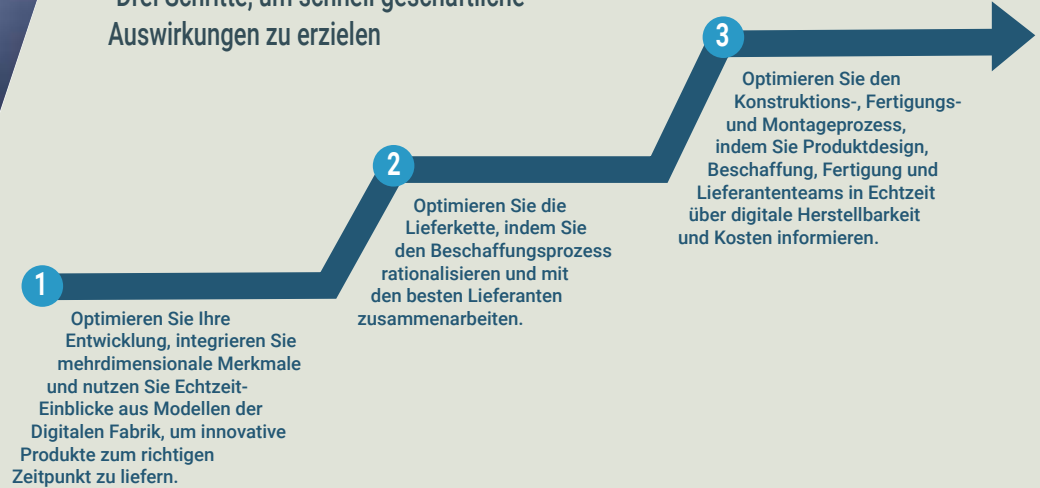
5 - 15%

Reduzierung der Materialkosten



Digitale Transformation – Von Konzept zu Projekt

Drei Schritte, um schnell geschäftliche Auswirkungen zu erzielen



Source: Accenture

Bei Lieferkettenproblemen, hohen Spritpreisen und sonstigen Störungen müssen Führungskräfte die Herstellbarkeit begründen. Manufacturing Intelligence unterstützt den gesamten Produktlebenszyklus und sorgt für fundiertere Entscheidungen.

Die datengesteuerte Simulation von aPriori optimiert die Herstellbarkeit. Zusammen mit Konstruktion, Kalkulation, Beschaffung und Führungsebene können Sie:

- **Lieferkettenprobleme, Spritkosten etc. reduzieren**
- **durch eine früh sichtbare Produktentwicklung Probleme erkennen**
- **Produktivität und Markteinführung boostern**
- **anhand von Echtzeit-Lieferantendaten effektiv verhandeln**
- **mit faktenbasierten Kosten den Gewinn steigern**
- **hochwertigere Produkte preisgerecht produzieren**
- **Machbarkeit und Kosten für Stakeholder quantifizieren**

Fertigungsautomatisierung schafft Zukunftssicherheit. Entdecken Sie aPriori's Fertigungssimulation auf Basis von 3D-CAD-Modellen für Fragen der Herstellbarkeit, Kostentransparenz, Effizienz und Rentabilität.



aPriori's Digital Guidebook

Für Ihr kostenloses Exemplar inkl. Versand scannen Sie bitte den Code oder registrieren Sie sich online:



