

# Smarte Software für prozesssicheres Laserbohren

Das Laserbohren gewinnt in der Automobilindustrie an Bedeutung. Um den Produktionsprozess zu optimieren und passgenaue Bohrungsdurchmesser zu erzielen, verfügt eine **SELBSTJUSTIERENDE** Laserbearbeitungsanlage über ein gekonntes Zusammenspiel von Hardware und Softwaresteuerung.



**Bild 1.** Die Laseranlage ›FocusONE‹ in der Anwendung

**SIMON MOHR, MUHAMMER KÖR, ULRICH GRUSEMANN UND WILHELM APPELT**

Laser gelten in Industrie und Fertigungstechnik als vielseitig einsetzbare Werkzeuge. Durch ihre Flexibilität dienen sie als Schlüsselement zur Umsetzung von Industrie 4.0. Für das  $\mu\text{m}$ -genaue Laserbohren leisten die vollautomatischen Laserbearbeitungsmaschinen von Stoba Customized Machinery einen wichtigen Beitrag. Dabei werden individuell geformte Bohrungen mithilfe von Femtosekundenlasern ohne die Bildung von Graten oder thermischen Einflüssen eingebracht. Eine intelligente Software sorgt für eine hohe Fertigungsqualität der Laseranlagen.

## Prozessoptimierung: Kosten, Präzision und Sicherheit

In der Automobilindustrie sind die Prozessoptimierung sowie besonders die Prozesssicherheit von höchster Bedeutung. Dabei vermittelt der Use Case eines weltweit führenden Herstellers von Automobilzubehörteilen einen guten Eindruck von der Leistungsfähigkeit des Laserprozesses. Ausgangspunkt war der Kundenwunsch, die Produktion von Einspritzdüsen zu beschleunigen und die Ausschussmenge nochmals deutlich zu reduzieren. Dazu sollten zwei unterschiedliche Rohteile mit verschiedenen Bohrmustern bearbeitet werden. Der Hersteller prüfte mehrere Verfahren, beispielsweise das EDM-Bohren. Doch mit höheren Prozesskosten sowie längeren Rüstzeiten konnten die möglichen Alternativen nicht überzeugen.

Punkten konnte hingegen die kundenspezifisch angepasste Laserbearbeitungsanlage ›FocusONE‹ (**Bild 1**). Sie überzeugt durch ihr gesamtheitliches Maschinenkonzept sowie durch das integrierte 5-Achs-Scansystem für die Lasermikrobearbeitung von Scanlab aus Puchheim.

Für den Automotive-Kunden wurde eine Anlage konzipiert, die die  $\mu\text{m}$ -genaue Fertigung von zwei unterschiedlichen Rohteilen mit je bis zu 15 verschiedenen Varianten der Bohrmuster ermöglicht.

## > KONTAKT

**HERSTELLER**  
**SCANLAB GmbH**  
 D-82178 Puchheim  
 Tel. +49 89 800746-0  
 info@scanlab.de  
[www.scanlab.de](http://www.scanlab.de)

**stoba Customized Machinery**  
 D-87700 Memmingen  
 Tel. +49 8331 98487-0  
 sales@stoba-memmingen.de  
[www.stoba.one](http://www.stoba.one)  
 Messe Lasys, Stuttgart: Halle 4, Stand B42

	Übertragungstakt	Daten-Menge	Verwendung
Ethernet-Schnittstelle	asynchron	groß	Prozessvorbereitung/ Prozessanpassung
EtherCAT-Schnittstelle	Feldbustakt	200 Byte	Prozesssteuerung und Prozessüberwachung
SPS-Schnittstelle	10 µs	10 Bit	Prozessstart und Lasersteuerung

**Bild 2. Übersicht der Scansystem-Schnittstellen**

Zusätzlich können die angelegten Bohrrezepturen über eine automatische Korrektur den Durchmesser im µm-Bereich anpassen.

### Einfache Integration des Scansystems

Ein Vorteil für Integratoren ist das durchdachte Schnittstellenkonzept des 5-Achs-Mikrobearbeitungssystems »precSYS«: Es ermöglicht eine reibungslose und schnelle Integration in unterschiedliche Maschinenkonzepte (**Bilder 2 und 3**).

Die Ethernet-Schnittstelle dient zur Prozessvorbereitung, beispielsweise der Versorgung des Scansystems mit Laserjobs in Form von XML-Dateien. Die Laserjobs definieren die Fokusbewegung im Bearbeitungsraum in metrischen Einheiten. Durch Validierung der XML-Dateien nach der Übertragung auf die Laseroptik wird sichergestellt, dass eingespielte Laserjobs wohldefiniert sind und ausgeführt werden können. Beim Hochladen wird jedem Laserjob eine eindeutige ID zugewiesen, die zum Beispiel zur Adressierung und Auswahl von Laserjobs über die EtherCAT-Schnittstelle dient. Während die Bearbeitungsprozesse laufen, können über die Ethernet-Schnittstelle weitere Laserjobs in das precSYS geladen oder aktualisiert werden.

Mit der EtherCAT-Schnittstelle kann der Scanner direkt in eine Anlagensteuerung eingebunden werden. Die Prozesssteuerung und -überwachung durch die Maschinensteuerung erfolgt dabei permanent und zyklisch. Steuerungsbefehle an das precSYS werden durch das Setzen bestimmter Bits im Prozessdatenstrom erteilt. Bei Befehlsfolgen muss das Handshake-Prinzip eingehalten werden: Der EtherCAT-Master wartet nach dem Senden eines ersten Befehls auf die zugehörige Antwort des Scansystems. Die Maschinensteuerung überwacht den Prozessdatenstrom, bevor weitere Befehle übertragen werden (**Bild 4**).

Die SPS-Schnittstelle mit der schnellsten Reaktionszeit ermöglicht einen Low-Level-Zugriff auf die RTC5-Ansteuerkarte, die zur synchronen Ansteuerung der



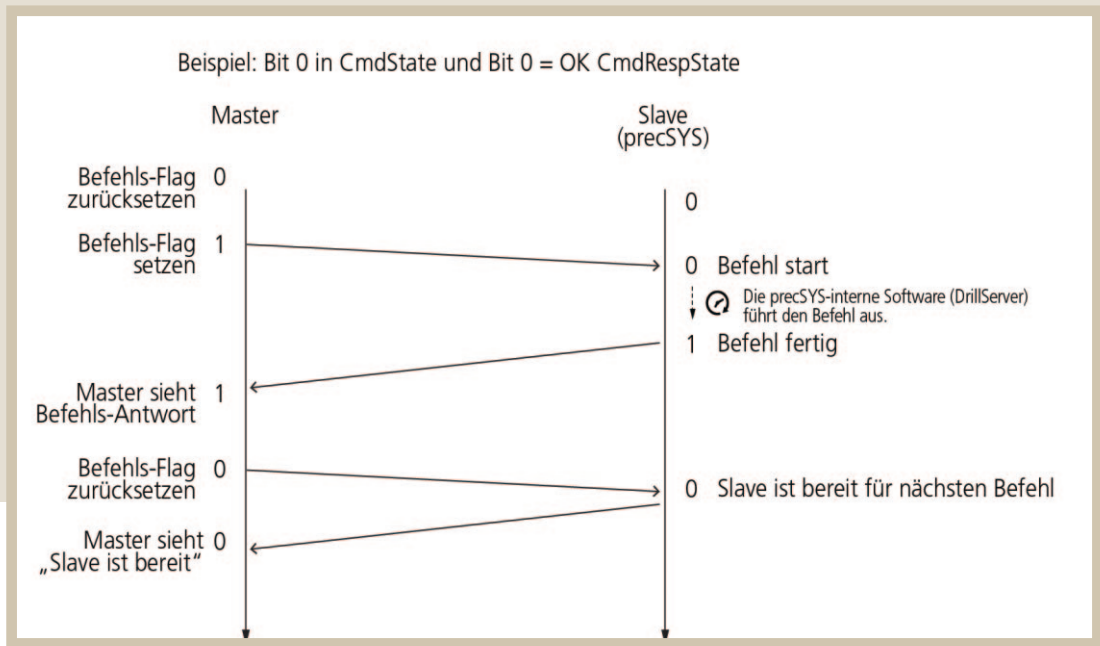
integrierten Scan-Einheiten, des Lasers und sonstiger Peripherie dient. Über die SPS-Schnittstelle kann beispielsweise die Laserjob-Ausführung gestartet werden. Die hohe Reaktivität ermöglicht sogar einen synchronen Start der Jobs von mehreren precSYS-Systemen (**Bild 5**).

### Vorteile aus Zusammenspiel von Soft- und Hardware

Die Anlage besteht aus Soft- und Hardwarekomponenten. Eine wichtige Rolle in der Maschinenlösung nimmt das Scansystem ein. Das integrierte 5-Achs-Mikrobearbeitungssystem ermöglicht die Fertigung von hochpräzisen Bohrungen im µm-Bereich. Dank der Ultrakurzpuls-(UKP)-Laser sind die erstellten Bohrungen besonders sauber und gratfrei. Je nach Produktionsablauf des Kunden ist in der Regel nur eine einfache Reinigung der Teile notwendig. ▶

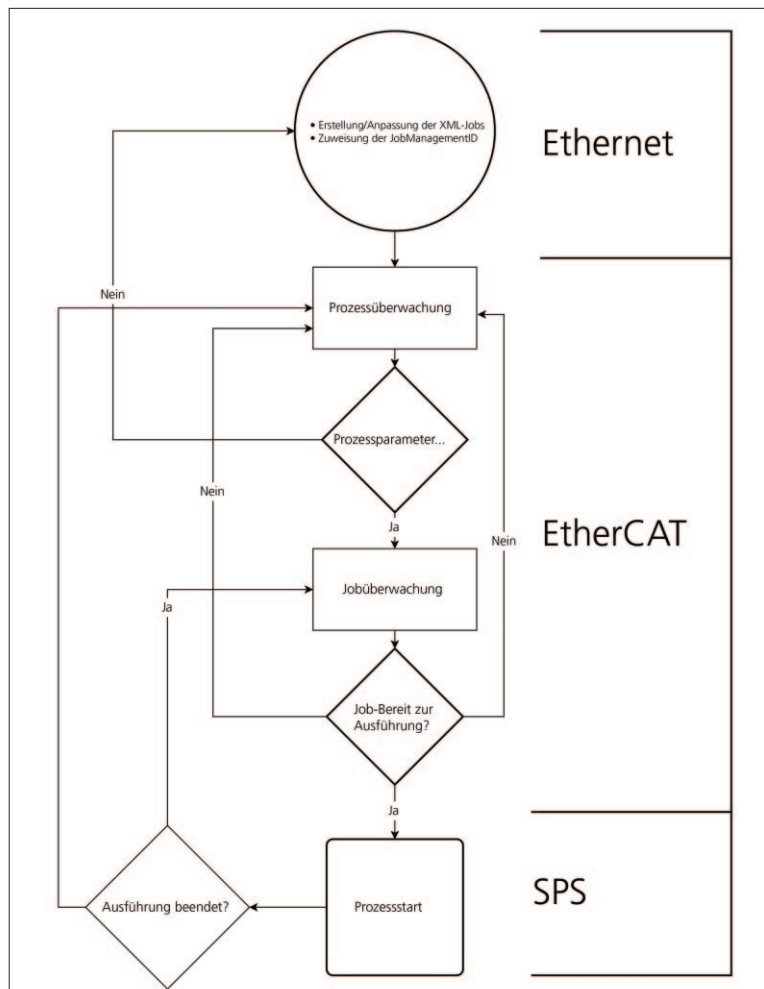
**Bild 3. Integrationsfreundliche Schnittstellenkonfiguration am 5-Achs-Mikrobearbeitungssystem »precSYS«**

Bild 4. Handshake-Prinzip von Steuerungsbefehlen



Das Scansystem fokussiert den Laserstrahl auf einen circa 20 µm großen Spot, mit dem die Materialbearbeitung stattfindet. Die fünf Achsen des precSYS erlauben nicht nur die Kontrolle des Fokuspunkts, sondern auch die präzise Steuerung der Strahlrichtung im Bereich von -7,5 bis +7,5 Grad.

Bild 5. Typischer Workflow im Job-Modus

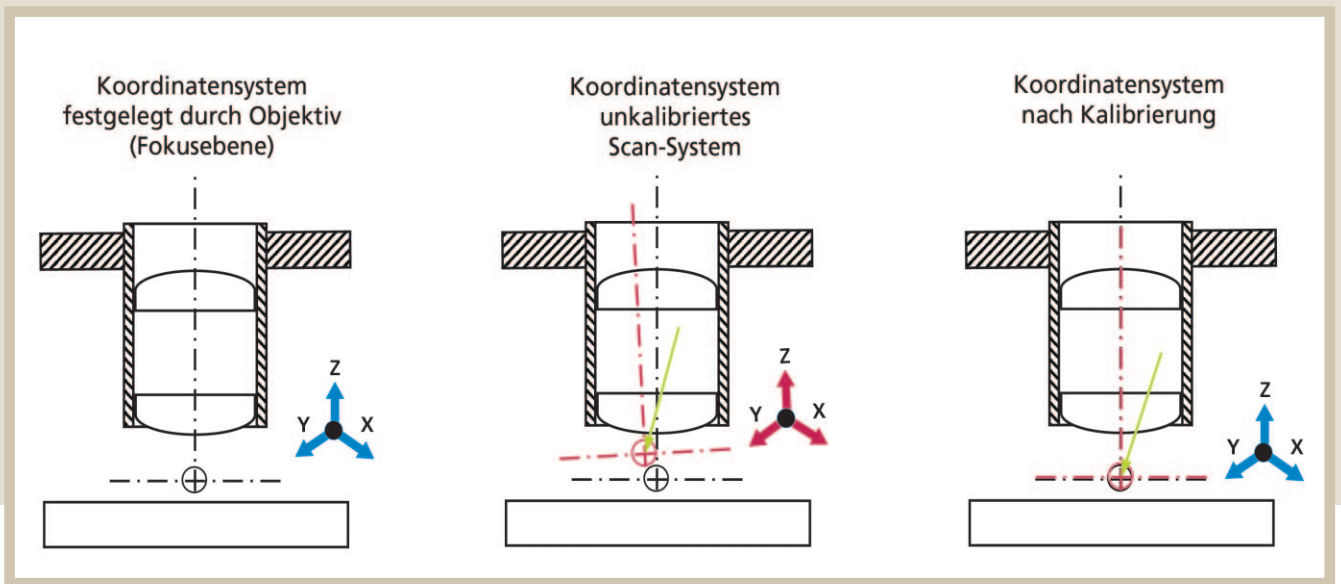


### Bildfeldkalibrierung und Justagereferenzierung

Vor der Auslieferung wird jedes Scansystem hochgenau kalibriert. Mithilfe eines optischen Modells berechnet die Scannersteuerung aus den kartesischen Zielpositionen die systemspezifischen Kalibrierdaten sowie die Sollwerte für die fünf Systemachsen. Durch eine optimierte Inbetriebnahme-Prozedur bei der Integration des Scansystems kann die bei der fertigungsseitigen Bildfeldkalibrierung erreichte Präzision reproduziert werden. Dabei wird der Anwender von erfahrenem Service-Personal begleitet. Die wichtigsten Schritte der Inbetriebnahme-Prozedur sind (Bild 6):

- Einstellen/Überprüfen der Laserstrahlparameter: Durchmesser, Divergenz und Polarisation,
- Justage des Laserstrahls am Eintritt des Scansystems sowie
- Justage des Laserstrahls am Austritt des Scansystems mithilfe der Feinjustage-Einheit.

Entscheidend ist dabei die Feinjustage-Einheit. Während der fertigungsseitigen Kalibrierung werden die Position und der Winkel des Kalibrier-Laserstrahls in Neutralstellung durch einen 4D-Strahlagesensor vermessen und als Referenz im Scansystem gespeichert. Dank dieser Referenzposition kann der Prozesslaserstrahl in der Kundenanlage – durch geeignete Positionierung der Galvanometer-Scanner des precSYS – jederzeit wieder auf die optische Achse des Systems justiert werden. Genau diese Kombination aus hochgenauer Kalibrierung und Justagereferenzierung des Scansystems erlaubt die Umsetzung anspruchsvoller Maschinenkonzepte wie bei der FocusONE von Stoba. Im Zusammenspiel mit den sich wandelnden Anforderungen für Bearbeitungsmaschinen entwickelt Scanlab sowohl die softwaregestützte Anbindung als auch die Kalibrierprozesse von Scansystemen kontinuierlich weiter.



**Definierter Ablauf und weniger Ausschuss**

Per Knopfdruck wird der Bauteiltyp und die gewünschte Variante der Bohrung gewählt. Eine mechanische Nachrüstung entfällt, nur das gemeinsam verwendete Teile-Handling muss umgerüstet werden. Die Umrüstzeit beträgt für einen geübten Mitarbeiter circa fünf Minuten, diese Aufgabe ist ohne jegliche Vorkenntnisse erlernbar.

Optische Messsysteme in der Anlage überprüfen die Rohteile auf die korrekte Materialdicke. Rohteile außerhalb der Toleranz werden bereits vor der Laserbearbeitung aussortiert. So wird verhindert, dass diese fehlerhaften Bauteile im weiteren Verlauf der Produktion Wertschöpfung nichtig machen. Zudem wird die rotatorische Lage des Bauteils gemessen, um die korrekte Ausrichtung zum Bohrmuster zu gewährleisten. Im nächsten Schritt werden die Rohteile per

Roboter in die Station geladen. Die Bauteilpositionierung wird dabei im eingespannten Zustand erneut überprüft. Erst dann erfolgt die Laserbearbeitung. Der Bohrdurchmesser wird sowohl am Bohrungseingang im eingespannten Zustand als auch am Bohrungsausgang automatisch vermessen (Bild 7).

**KI für weitere Prozessoptimierung**

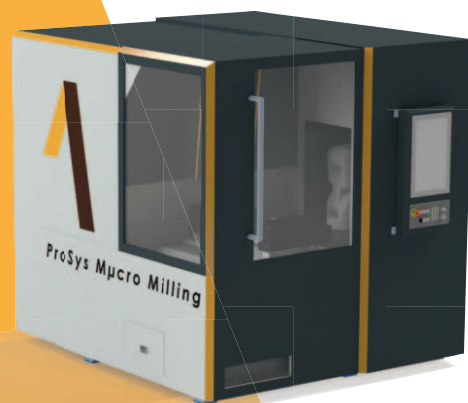
Parallel werden weitere wichtige Maschinenparameter erfasst, überprüft und dokumentiert, beispielsweise die Laserleistung und die Temperatur. Um die Profitabilität und Produktivität der Anlage zu optimieren, wurde das System mit einer automatischen Korrektur der Bohrdurchmesser weiterentwickelt. Ausschlaggebend dafür ist die Software des Gesamtsystems. Dabei misst eine Kamera die Durchmesser der erstellten Bohrungen und gibt die gemessenen

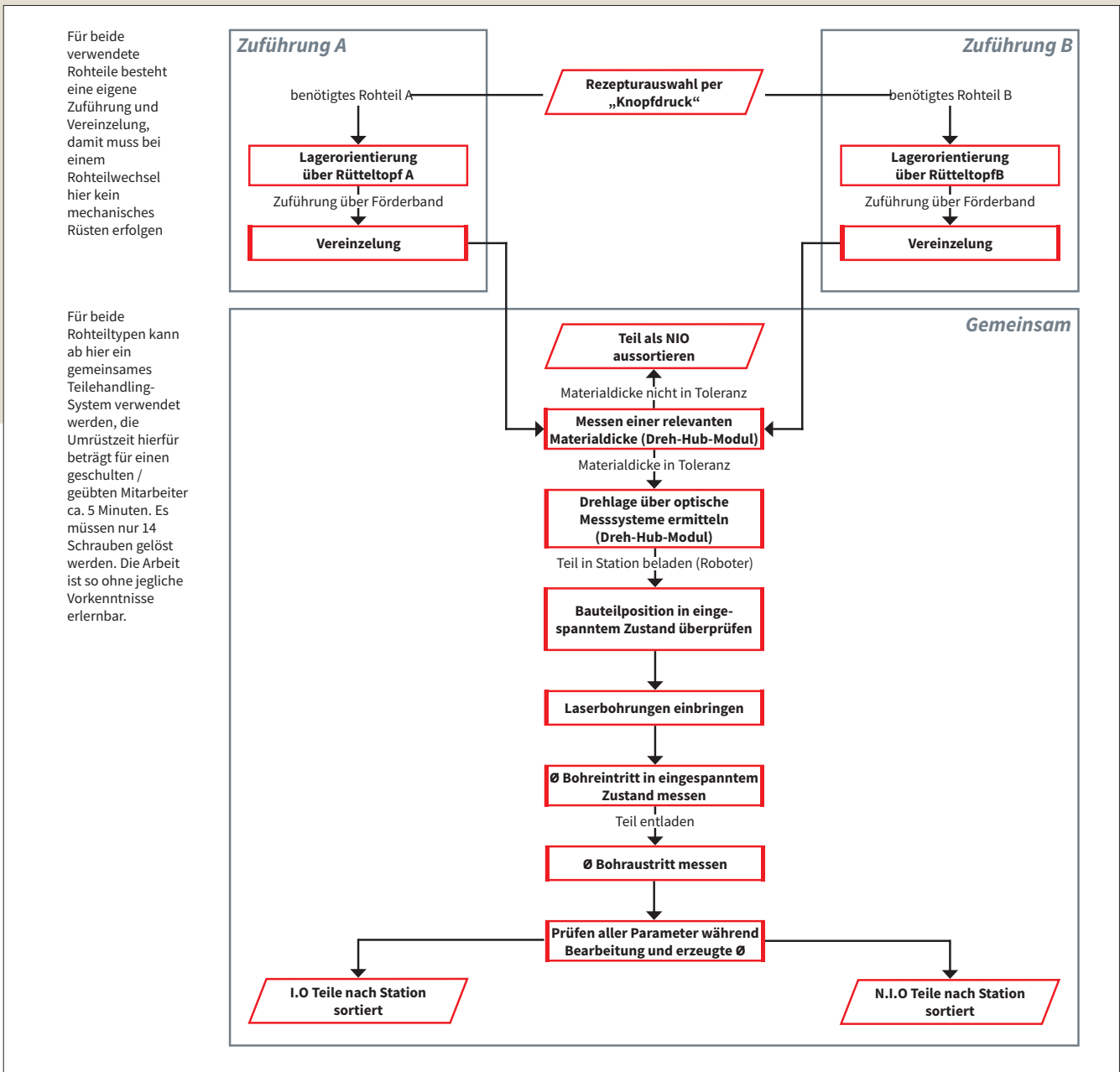
**Bild 6. Inbetriebnahme des Scan-systems mit Strahlagesensor**



**Präzisionsmaschinenbau für die Mikrozerspanung**

- Direktantriebe
- Flexibel automatisierbar
- Maschinenbasis aus Granit
- Maschinengenauigkeit < 2µm





**Bild 7. Ablauf in der FocusONE**

Werte an die Maschinensoftware weiter. Die Maschinensoftware sammelt die Ist-Daten der Bohrungen. Mit einer speziell auf das Bauteil ausgelegten Strategie werden die Daten analysiert. So werden beispielsweise Ausreißer, die auf Messfehler zurückzuführen sind, aussortiert. Ein eventueller negativer Trend wird ebenfalls erkannt. Auf Basis dieses Trends kann der Bohrdurchmesser in der Laserrezeptur angepasst werden, um den Trend zu stoppen oder gar umzukehren. Darüber hinaus lernt die Maschine aus Trends der Vergangenheit. Liegt bereits ein exaktes Muster vor, reagiert die Maschine noch früher. Über die Ethernet-Schnittstelle werden die Rohdaten der nötigen Parameter in Echtzeit als XML-File von der Maschinensoftware an die Steuerung des Scanners geliefert. Dadurch sind Korrekturen zwischen zwei Bauteilen, auch bei einer Taktzeit von weniger als 8s, jederzeit möglich (Bild 8).

**Verfügbarkeit von bis zu 99,7 Prozent**

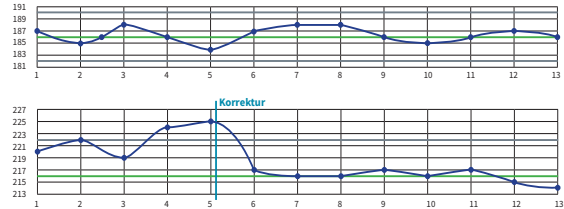
Stoba unterstützte das Unternehmen vor Ort bei der Inbetriebnahme und Produktionsbegleitung mit der FocusONE. Über sechs Wochen stand Simon Mohr, Projektleiter bei Stoba, dem Team des Automobilzulieferers mit Rat und Tat zur Seite. Wenige Wochen später beherrschten die Anwender ihre Anlage perfekt. Die Prozesse sind stabil. Parallel wird die Anlage mit automatisierten Parametern überwacht, um Service und Support kontinuierlich zu optimieren. Insbesondere unter der Prämisse, im Falle einer Fehlermeldung so effizient wie möglich aufgestellt zu sein. Dabei steht stets im Fokus, wie der Kunde das Problem selbst lösen und einen Produktionsstopp vermeiden kann. In der Mehrzahl der Fälle werden Fehlermeldungen via Body Cam und Remote Support direkt behoben. Ferner werden Service-

Bilder: stoba



Ø	0690752M1S3		
Ø	0690754M1S1		
Ø	0690752M2S2		
Ø	Ø	0690806M1S1	
Ø	Ø	Ødrill1	184
Ø	Ø	Ødrill2	213
Ø	Ø	Ødrill3	202
Ø	Ø	Ødrill4	209
Ø	Ø	Ødrill5	213

pä	Ødrill1	
pä	Ødrill2	
pä	Ødrill3	
pä	Ødrill4	
pä	Ødrill5	
pä	part n	218
pä	part n+1	216
pä	part n+2	217
pä	part n+3	216
pä	part n+4	456



einsätze für die Wartungsintervalle mit dem Kunden geplant. Dabei werden Produktionszyklen berücksichtigt und die Einsatzzeiten der eigenen Mitarbeiter vor Ort abgestimmt.

**Das optimale Set-up ist entscheidend**

Mit der maßgeschneiderten Anlage hat der Automobilzulieferer die genau auf die konkreten Anforderungen zugeschnittene Lösung erhalten. Die Zielsetzung wurde dabei übertroffen. Neben der Reduzierung der Ausschussbauteile wurden die Produktionsabläufe gestrafft und die Rüstzeiten verringert. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit geschaffen, durch rechtzeitiges Gegensteuern einen Produktionsabbruch zu verhindern. Bediener erhalten frühzeitig Warnungen und Fehlermeldungen, die sie in die Lage versetzen, die Serienproduktion unterbrechungs- und fehlerfrei fortzusetzen.

**Ausblick auf andere Branchen**

Mit diesem Know-how kann Stoba nicht nur die Automobil-Branche unterstützen. Auch der Transfer in andere Märkte ist einfach möglich. Bauteile mit

düsenförmigen Bohrungen sind beispielsweise auch in medizinischen Produkten wie Inhalatoren und Nadeln zu finden. Auch Filter sowie die Feinmechanik von hochwertigen Uhren weisen Mikrobohrungen auf. Ebenso bietet das verwendete Scansystem die Möglichkeit, Bohrungen nicht nur mit kreisrundem Querschnitt zu realisieren. Auch elliptische, trichterförmige, rechteckige oder alle weiteren geometrischen Formen sind machbar. Damit gibt es für zahlreiche Anwendungen die richtige Lösung. ■

MI110748

**AUTOREN**

- SIMON MOHR ist Laser Technology Expert bei stoba Customized Machinery in Memmingen; simon.mohr@stoba-memmingen.de
- MUHAMMER KÖR ist Head of Sales bei stoba Customized Machinery in Memmingen; muhammer.koer@stoba-memmingen.de
- ULRICH GRUSEMANN ist Entwickler Applikation bei SCANLAB in Puchheim; info@scanlab.de
- WILHELM APPELT ist Entwickler Software beim selben Unternehmen; info@scanlab.de

**Bild 8. Schema der automatischen Korrektur**

**Positioniersysteme für den Sub-Mikrometerbereich**

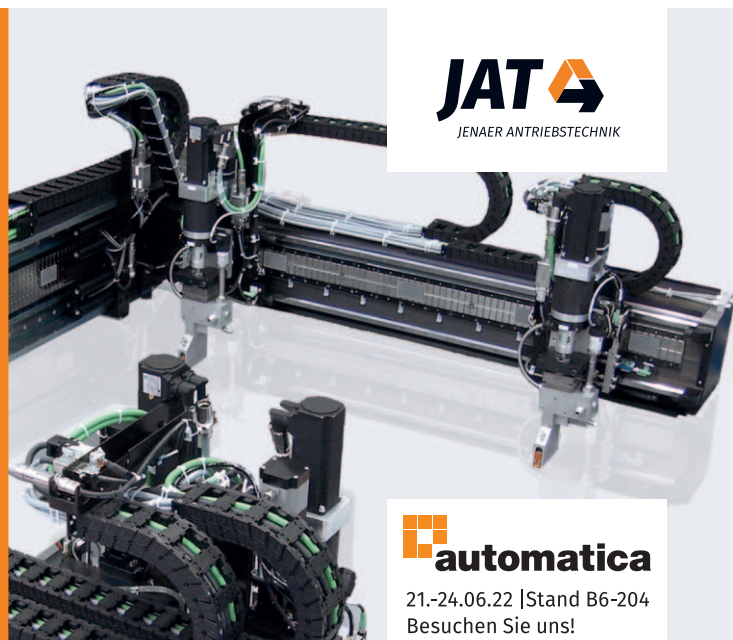
- Sondersysteme, Manipulatoren, Mehrachssysteme
- Mechanik bis Software, alles aus einer Hand
- Individuell entwickelt, anschlussfertig geliefert

www.jat-gmbh.de



**PRÄZISION**

und Leidenschaft erleben



21.-24.06.22 |Stand B6-204  
Besuchen Sie uns!