

## Neue Roboteranwendungen durch verbesserte Online-Sensorik

Schweißen, Schrauben, Handhabung – Roboter übernehmen die unterschiedlichsten Aufgaben und sind aus vielen Produktionsbetrieben nicht mehr wegzudenken. Doch so flink und beweglich sie ihren Dienst auch tun, so unsensibel reagierten sie bisher auf Unerwartetes. Ihre geometrieorientierte Bahnführung verlangt in aller Regel eine genaue Berechnung der Bewegungsbahn im Voraus. Sobald die Realität anders aussieht als erwartet – etwa der Verlauf oder die Breite einer zu schweißenden Naht – wird deutlich, was den meisten Robotern fehlt: die kontinuierliche Erfassung und Berücksichtigung der Prozesssituation. Bildhaft ausgedrückt: der Tastsinn und das beobachtende Auge.

### Vision, Forschung und Praxis

Eine naheliegende Vision ist daher ein geschlossener Regelkreis, der die Sensorik zur kontinuierlichen Prozessüberwachung, die Bahnführung und die Prozesssteuerung einbezieht. Diese Vision hatten auch Rüdiger Maaß und Volker Zahn: Mit der Gründung des Unternehmens *mz robotics laboratory GmbH* – heute *mz robolab GmbH* – in Rheinbach bei Bonn begannen sie 1999, ihre aus der universitären Arbeit mitgebrachten Ideen zu realisieren. Die ersten Gelegenheiten dazu boten Projekte zur Modernisierung (Retrofit) von „manotec“-Robotern.

Deren RCM-Steuerungen waren ursprünglich von Siemens entwickelt worden. Dies bewegte die Unternehmensgründer, mit dem Hersteller Kontakt aufzuneh-



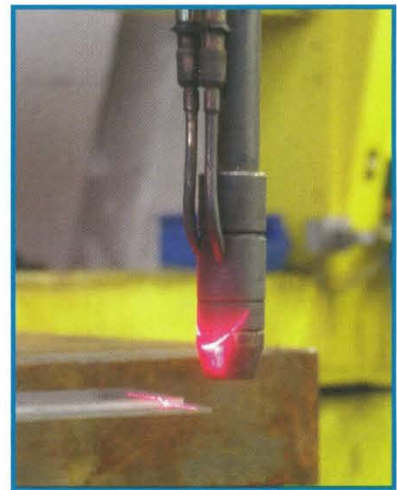
Mit dem „robolab sensing system“ kann ein Greifer auch Teile sicher fassen, deren Position nur ungenau bekannt ist.

men, woraus sich eine fruchtbare, bis heute bestehende Zusammenarbeit entwickelt hat. Aufbauend auf ihren Erfahrungen brachten die Gründer und ihr rasch wachsendes Team ihre Ideen in ein eigenes Softwaresystem zur Robotersteuerung ein, das „robolab control system 1“ (rcs1). Es ist zu den sehr verbreiteten RCM-Steuerungen programmkompatibel und läuft auf Standard-Hardwarekomponenten. Das Unternehmenskonzept erwies sich als so erfolgreich, dass es der jungen Firma im Jahr 2000 den 1. Preis des Gründerwettbewerbs der Region Bonn/Rhein-Sieg einbrachte und 2001 mit dem 1. Platz des regionalen Startup-Wettbewerbs von McKinsey, den Sparkassen und der Zeitschrift „Stern“ belohnt wurde.

### Für Standard-Hardware zertifizierte Robotersteuerung

Die Robotersteuerung basiert auf einem Linux-Echtzeit-Kernel. Den Kern des Systems bilden flexible Verfahren zur Bahnplanung und Bewegungsoptimierung für Roboterkinematiken. Eine grafische Benutzerschnittstelle erleichtert den Umgang mit dem System. Als reines Softwaresystem kann die Robotersteuerung prinzipiell auf verschiedenen PC-Plattformen genutzt werden, doch wie Gründer und Geschäftsführer Dr. Rüdiger Maaß erläutert: „Auch bei den Industrie-PCs gibt es den einen oder anderen Unterschied, der sich auf Leistung, Betriebssicherheit oder den Aufwand bei Installation und Inbetriebsetzung auswirken kann. Wir entwickeln und testen unser System bevorzugt auf Komponenten unseres Partners. Unsere Software ist deshalb für den Einsatz auf Siemens-Hardware und für den Retrofit der Steuerungstypen RCM1 bis RCM3 zertifiziert.“ Zum Einsatz kommen die Automatisierungssysteme „Sinumerik PCU 50“ und „Simodrive“ mit Profibus-Schnittstellen insbesondere für Retrofit-Anwendungen sowie das Automatisierungssystem „Microbox 427B“ und Antriebssysteme „Sinamics“ mit Profinet-Schnittstelle für anspruchsvolle Neuanwendungen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Robotersteuerungen ist die Architektur der robolab-Software so konzipiert, dass sie Sen-



Nahtverfolgung durch Online-Tracking: Bildverarbeitung und Laserstrahlsensoren helfen beim Schweißen unregelmäßig verlaufender Fugen und Nähte.

sordaten im Regeltakt auswerten und sowohl in die Bahnführung als auch in die Regelung des Prozesses einfließen lassen kann. Diese Option wird zum Beispiel vom „robolab sensing system 1“ (rss 1) genutzt. So wie eine Hand, die nach einer schweren Hantel greift, beim Zugriff deren Lage ertastet und dabei Finger und Arm in die richtige Position bringt, um die Hantel zu heben, so kann auch ein mit der rss-1-Option und entsprechenden Sensoren ausgestatteter Roboter eine tastende Suchbewegung ausführen. Bei der dafür nötigen kontinuierlich aktualisierten Bahnführung kann die Kraftsensorsteuerung Sensoren für alle sechs Freiheitsgrade der Bewegung im Raum berücksichtigen.

Herkömmliche Robotersysteme greifen dagegen an der Soll-Position (der vermuteten Ist-Position) kraftschlüssig zu. Stimmen Soll- und Ist-Position nicht überein, werden die mechanischen Komponenten extrem belastet. Die Folgen sind vorzeitiger Verschleiß der Robotermechanik und eine mögliche Beschädigung des Werkstücks, seiner Halterung oder des Greifers.

Durch die nahtlose Integration des Systems „rss1“ in die Steuerungssoftware „rcs 1“ führt der Roboter die tastende Suchbewegung autonom aus, sie muss also nicht aufwändig programmiert werden. Auch bei nur ungenau bekannter Objektposition kommt ein stabiler Kontakt zwischen Ro-



*Produktion von Stahlpaneelen: Die Portalschweißanlage ermittelt anhand von CAD-Daten und Bildauswertungsverfahren selbsttätig den Verlauf der Nähte, die in den Prozess integrierte Sensorik sorgt für eine exakte Verfüllung und eine saubere Schweißraupe auch bei ungenau positionierten Platten.*

boter und Objektoberfläche zustande. Durch die Krafrückführung reagiert die Kraftregelung auch bei Werkstückvibrationen robust, dabei sind die Kontaktkräfte zwischen Werkzeug und Werkstück über vier Größenordnungen hinweg einstellbar.

### Saubere Schweißnaht trotz unregelmäßiger Kanten

Die quasi-kontinuierliche Berücksichtigung von Sensorinformationen in Lageregelakt führt in vielen Roboteranwendungen zu einer verbesserten Prozesssicherheit und -qualität. Ein weiteres Beispiel ist das Verschweißen von Teilen schlechter Passgenauigkeit oder mit unregelmäßigen Kanten. Ein Endanwender in Russland schweißt mit diesem System manuell geschnittene Stahlplatten in vorgefertigte Rahmen, wodurch beim Schweißen größte Toleranzen zu kompensieren sind. In dem dort vorherrschenden Produktionsumfeld sind präzise Industrieanforderungen nicht erfüllbar. Erst durch Messungen im Prozess und die Echtzeit-Rückführung der Ergebnisse in die Prozesssteuerung kann die geforderte Qualität der Schweißnähte mit einem Roboter erzielt werden.

Für diesen russischen Kunden kombinierte mz robolab einen Doppeldraht-Schweißroboter mit einem Bildverarbei-

tungssystem und einem Laserstrahlscanner. Das Bildverarbeitungssystem ermittelt durch Merkmalextraktion die Start- und Endpunkte der Schweißbahn und den Kantenverlauf. Während des Schweißvorgangs beobachtet der Laserstrahlscanner kontinuierlich den Verlauf und die Breite der Fuge. Der Schweißroboter füllt die Fuge mit einer pendelnden Bewegung auf. Dabei prüft das System laufend, ob genug Werkstoff in die Fuge eingebracht wurde. Der Roboter passt seine Bewegungen, in diesem Fall von neun Achsen, entsprechend an. So entstehen auch bei sehr grob zugeschnittenen Teilen an ungleichmäßigen Stößen saubere Schweißraupen – ohne dass der Anwender einen entsprechenden Algorithmus programmieren müsste.

### Zukunftssichere Technologie

Durch ein Steuerungssystem mit Online-Sensorik sind Industrieroboter heute in der Lage, ihre Umwelt gezielt wahrzunehmen und auf Einflüsse spontan zu reagieren. Gleichzeitig kann dem Roboter seine Aufgabe auf immer abstraktere Weise vorgegeben werden. Hierdurch sinkt der Aufwand für die Programmierung, während die Flexibilität von Robotik-Anwendungen steigt. Denn die individuelle Anpassung leisten Steuerung und Sensorik des Roboters selbstständig. Durch diese Eigenschaf-

ten seiner Steuerungssoftware kann mz robolab dem Anwender auch eine besonders einfache und flexible CAD/CAM-Integration anbieten, bis hin zur steuerungstechnisch realistischen Offline-Simulation der Kinematik, Bahnplanung und des Echtzeitverhaltens.

Dipl.-Ing. Jochen Christ, Erlangen