

# Vier Achsen reichen aus

Tipps für den Einsatz von Scara-Robotern in der Montage

Matthias Schneider

**Für jede Montage- und Handhabungsaufgabe gibt es geeignete und weniger geeignete Roboter-Kinematiken. Scara-Roboter zeigen oft entscheidende Vorteile. Wenn der Anwender dabei einige grundsätzliche Empfehlungen beachtet, reduzieren sich zudem der Aufwand für Wartung und Instandhaltung und die Wirtschaftlichkeit steigt.**



**Bild 2. Spindelschmierung und Zahnriemenspannung der Scara-Roboter sollten regelmäßig überprüft werden**

Bereits Mitte der siebziger Jahre fand Professor Makino in Japan heraus, dass in der Regel 80 Prozent der Fügebewegungen gradlinig von oben erfolgen. Bei montagefreundlich gestalteten Produkten entspricht der benötigte Arbeitsraum dabei in etwa der Reichweite eines menschlichen Arms. Aus diesen Erkenntnissen entwickelte er die Kinematik der Scara-Roboter (Bild 1). Scara ist eine Abkürzung und steht für Selective Compliance Assembly Robot Arm, was soviel bedeutet wie selektiv ausgleichender Montageroboter. Damit ist die Nachgiebigkeit der Horizontalachsen beim vertikalen Fügen zu verstehen.

## So funktionieren Scaras

Makino bildete den menschlichen Arm in sehr vereinfachter Form nach. Für die Positionierung in der horizontalen Ebene verwendet er zwei durch Drehgelenke verbundene Hebel, die vom Aufbau dem Schultergelenk und Oberarm sowie dem Ellenbogengelenk und dem Unterarm entsprechen. Die

**Bild 1. Durch seine vierachsige Kinematik ist der Scara kostengünstiger als vergleichbare Knickarmroboter**

dritte Achse führt er als Linearachse aus und zwar in Form einer Pinole, die an der Spitze der Ellenbogenachse befestigt ist und nach unten herausfahren kann. Diese Achse ist die Vertikal- oder Z-Achse, an deren unterem Ende der Greifer befestigt ist und der zum Fügen der Teile dient. Die vierte Achse ist die W- (Wrist) oder Hand-Achse, sie dreht die Z-Achsenpinole um ihre Mittelachse, um so die Orientierung des Greifers zu bewerkstelligen.

Ein Vorteil des Scara-Roboters gegenüber anderen Kinematiken, ist neben der im Verhältnis zu seinem Arbeitsraum kleinen Standfläche auch die hohe Steifigkeit des Roboterarms in vertikaler Richtung. Dadurch kann er je nach Modell Einpresskräfte bis zu 200 N aufnehmen, ohne dass er dauerhaft Schaden erleidet. Im Übrigen ist seine Mechanik wesentlich robuster gegenüber kleineren Kollisionen als die von Knickarmrobotern mit ihren empfindlichen Getrieben in der fünften und sechsten Achse. Die hohe Horizontalgeschwindigkeit und die dadurch kurzen Pick- und Place-Zeiten sowie seine große Wiederholgenauigkeit, die im Allgemeinen je nach Armlängen bei  $\pm 0,02$  bis  $\pm 0,05$  mm liegen, zeichnen ihn ebenfalls aus. Durch den zentralen Standfuß und eine Freischaltung der Achsen ergibt sich eine un-



komplizierte, schnelle und gute Zugänglichkeit zur Peripherie für Wartungs- und Einrichtarbeiten.

## Störkonturen vermeiden

Der Scara wurde entwickelt, um Werkstücke in einer möglichst kurzen Zeit von der Bereitstellungsposition zum Montageort zu bringen und sie geradlinig vertikal von oben zu fügen. Das bedeutet aus der Sicht der Steuerungstechnik, dass die Achsen des Roboters eine zeit- und wegoptimierte Bewegung ausführen müssen. Einen solchen Ablauf erhält man, wenn die Achsen eine Punkt-zu-Punkt-Bewegung ausführen. Um einen aus der Sicht der Dynamik eleganten und optimalen Bewegungsablauf zu erhalten, starten und stoppen Schulter- und Ellenbogenachse gleichzeitig. Dadurch bewegt sich der Greifer auf radienförmigen oder elliptischen Bahnen zwischen Start- und Zielpunkt. Durch Unkenntnis oder Missachtung dieser Tatsache werden oft Peripheriegeräte mit Störkanten im Schwenkbereich des Armes aufgebaut, die dann die Bewegung des Roboters behindern. So kann es leicht zu Kollisionen kommen, und es müssen Verschleißpositionen einprogrammiert werden, um das Hindernis zu umfahren. Das wirkt sich natürlich äußerst negativ auf die Taktzeit aus. Daher gilt als oberste Prämisse: Bei hochgezogener Vertikalachse muss sich der Roboterarm völlig frei innerhalb seines möglichen Arbeitsbereiches bewegen können. Störkonturen von Peripheriegeräten oder der Schutzumzäunung sind zu vermeiden bzw. in die hinteren beiden Schenkel des Arbeitsbereiches zu legen.

## Zykluszeit und Peripherie

Bei der Gestaltung der Roboterperipherie sollte man versuchen die Positionen in der horizontalen Ebene so zu legen, dass Schulter- und Ellenbogenachse vom Start- zum Zielpunkt in die gleiche Richtung drehen. Dadurch ergibt sich eine Summierung der Winkelgeschwindigkeiten der einzelnen Achse und eine kürzere Zykluszeit als bei gegenläufiger Bewegung bei gleichem Abstand. Diese Empfehlung ist jedoch in den meisten Fällen nicht realisierbar, da Peripheriegeräte konstruktive Merkmale und geometrische Gegebenheiten aufweisen, die nicht beeinflusst werden können. Bei den meisten Anbietern von Scara-Robotern liegen die Positionen, die für die Bestimmung der Referenzzykluszeiten verwendet werden, optimalerweise im äußeren Bereich des Arbeitsbereiches. Will man sich jedoch bei der Planung des Robotereinsatzes über die zu erwartende Taktzeit klar werden, sollte eine Taktzeitstudie anhand eines konkreten Layouts



**Bild 3. Die gesamte Z/W-Achseneneinheit kann sehr einfach komplett entnommen werden**

durchgeführt werden. Auf keinen Fall sollten Zeiten aufgrund von Winkelgeschwindigkeiten und Drehwegen berechnet werden. Selbst Simulationsprogramme weisen in der Regel einen Fehler von 10 bis 15% auf.

Oft wird der Arbeitsbereich des Roboters durch ungeschickt angeordnete Peripheriegeräte schlecht zugänglich. Das Teachen von Positionen wird erschwert und Wartungsarbeiten am Roboter und an der Peripherie sind nur mühsam durchführbar. Am besten platziert man die Zuführungen von Teilen wie Vibrationswendelförderer, Stangenmagazine oder Paletten jeweils in den beiden Schenkel des Arbeitsbereiches. Die Position des Montageneistes bzw. Werkstückträgers legt man vorne in die Mitte des Arbeitsbereiches. Dadurch können auch mehrere Roboterstationen nebeneinander in Linie aufgestellt werden, und der Bediener kann bequem alle Punkte im Arbeitsbereich erreichen. Um einen Maschinenstillstand beim Nachfüllen von Teilen zu vermeiden, sollte sich z. B. der Nachfüllbunker bzw. Sortiertopf außerhalb der Schutzumzäunung des Roboters befinden.

## Instandhaltung und Wartung

Scara-Roboter besitzen eine wartungsarme Antriebsmechanik. Die beiden Hauptachsen sind wartungsfrei, wenn die eingesetzten Harmonic-Drive-Getriebe eine Dauerfettfüllung haben und durch elektronisch kommutierte Motoren angetrieben werden. Nur die Z/W-Achse, die aus einer Kombination aus Keilschaftwelle mit eingeschliffrer Kugelumlaufspindel besteht, muss von Zeit zu Zeit gefettet werden. Darüber hinaus ist nur die Spannung der Zahnriemen, die die Bewegungen der Motoren auf die Welle übertragen regelmäßig zu kontrollieren (Bild 2).

Der Verschleiß der Robotermechanik richtet sich nach der Höhe der Beanspruchung. Wird der Roboter mit maximaler Belastung in Bezug auf Handhabungsgewicht, Beschleunigung und Geschwindigkeit betrieben, verschleiben Getriebe, Lager und Spin-

deln relativ schnell. In den meisten Fällen werden die Roboter jedoch nur gering bis mittelschwer belastet, da das Handhabungsgewicht von Greifer und Werkstück meist unter 3 kg liegt. Alle Teile des Roboters sind für eine Lebensdauer von ca. 30 000 Betriebsstunden ausgelegt. Durch den einfachen mechanischen Aufbau lässt sich der Roboterarm schnell zerlegen, das Verschleißteil austauschen und der Roboterarm wieder zusammenbauen. So ist z. B.

die gesamte Z/W-Achseneneinheit mit nur sechs Schrauben im vorderen Arm befestigt und kann komplett entnommen werden (Bild 3). Durch entsprechende Hilfsfunktionen der Robotersteuerung können nach einem Austausch von Antriebselementen die ursprünglichen Positionen leicht wieder hergestellt werden.

## Wirtschaftlichkeit

In Bezug auf Wirtschaftlichkeit bietet der Scara-Roboter viele Vorteile. Durch seine vierachsige Kinematik ist er wesentlich kostengünstiger als vergleichbare Knickarmroboter mit gleichen Leistungsdaten. Sein robuster Aufbau ist auch weniger anfällig für mechanische Beschädigungen bei kleineren Kollisionen, die immer wieder vorkommen können, wenn Werkstücke fehlerhaft positioniert sind oder aufgrund von Toleranzen nicht gefügt werden können. Dadurch fallen auch die Instandhaltungskosten geringer aus als bei Knickarmgeräten. Zum anderen ist der Scara-Roboter schneller zum Einsatz zu bringen als pneumatisch oder elektrisch arbeitende Handlingmodule, die zunächst zusammenmontiert und einjustiert werden müssen. So spart man in der Inbetriebnahmephase einer Anlage Zeit und Geld und ist später flexibel, wenn sich kleine Änderungen am Produkt oder im Produktionsprozess ergeben. Je nach Größe des Roboters liegen die Anschaffungskosten der Scara-Modelle inklusive Steuerung bei 15 000 bis 20 000 Euro. Die Kosten für die Peripherie liegen je nach Anwendungsfall dann nochmals beim zwei- bis dreifachen des Roboterpreises.

Weitere Informationen erhalten Sie über die folgende Kennziffer.

**HIRATA**

**356**

Dipl.-Ing. Matthias Schneider ist Geschäftsführer der Hirata Robotics GmbH in Mainz