

## Neue Dimensionen erreichen

**Ein schlankes Robotersystem für große Arbeitsräume, schwere Lasten oder neue Anwendungen wie den 3D-Betondruck: Seilroboter machen vieles möglich, was mit gängigen Industrierobotern bisher nicht oder nur aufwendig umsetzbar war.**

Eine Rahmenstruktur aus Metall oder eine passende Räumlichkeit, kompakte Windeneinheiten mit Servomotoren und bis zu acht Seile aus Kunststofffaser oder Stahl: Mehr braucht es nicht, um einen Seilroboter aufzubauen. Die Seile sind mit einer Plattform, einem Greifer oder Werkzeug verbunden und können dieses millimetergenau sechsdimensional im Raum positionieren. Seilroboter, wie sie das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA seit einigen Jahren entwickelt, sind ein innovatives Konzept für automatisierte Handhabungs- und Bearbeitungsaufgaben und kombinieren Technologien aus der Robotik und Krantechnik.

### Dynamik

Seilroboter zählen zu den rund fünf Prozent der Industrieroboter, deren kinematische Ketten parallel aufgebaut sind: Diese Bauweise hat den Vorteil, dass sich Positionsfehler einzelner Achsen weniger stark aufsummieren, da diese nicht in Reihe geschaltet sind. Zudem müssen die Antriebe nicht mitbewegt werden. Dadurch haben Seilroboter eine geringe bewegte Masse und bieten hohe Beschleunigungen. Mit dem ersten aufgebauten Seilroboter erreichte das Fraunhofer IPA bereits vor zehn Jahren die zehnfache Erdbeschleunigung oder zehn Meter pro Sekunde. Nicht zuletzt teilen sich die Antriebe die Last am Endeffektor, was ebenfalls zur hohen Bewegungsdynamik beiträgt.

Welche Dynamik Seilroboter erreichen können, zeigte auch der 2015 präsentierte Seilsimulator für verschiedenste Simulationsszenarien, den das Fraunhofer IPA unter der Leitung des Max-Planck-Instituts für biologische Kybernetik in Tübingen mitentwickelt hatte. Mit einer Antriebsleistung von 348 kW konnte er eine Simulatorkabine für den Personentransport bewegen. Diese Installation bot mehr Beschleunigung und Vibration als hydraulikbasierte Systeme und konnte so beispielsweise Helikopterflüge simulieren.

### Arbeitsräume

Während verbreitete Robotersysteme wie die bekannten Vertikalknickarm-, Delta- oder SCARA-Roboter einen Arbeitsraum bedienen, der durch die Hardwarestruktur relativ begrenzt ist, sind Seilroboter je nach Bedarf für Arbeitsräume verschiedenster Größe geeignet – vom System, das auf einen Tisch passt bis hin zu einer Arbeitsraumgröße, die Werkhallen abdeckt. Seilroboter können rekonfiguriert werden, das heißt die Seilwinden können in den jeweils gegebenen Raum montiert werden. Mit derselben Windenhardware lassen sich damit unterschiedliche Arbeitsräume erreichen. Dies wird beispielsweise bei der Montage von Fassadenelementen an Gebäuden ausgenutzt, da jedes Gebäude andere Geometrien hat. Umgesetzt wird diese Anwendung aktuell im EU-Projekt „Hephaestus“, in dem Seilroboter den Bau von Hochhäusern mit zweistelligen Etagenanzahlen automatisiert unterstützen sollen.

Bei konventionellen Robotern müsste die Hardware wie beispielsweise Linearachsen angepasst werden. Bei Seilrobotern wird lediglich die aktuelle Position der Umlenkrollen am Gebäude in der Steuerung hinterlegt. Zudem ist der Arbeitsraum über die Seillänge stufenlos und kostengünstig skalierbar. Ist ein größerer Arbeitsraum gefordert, werden längere Seile verwendet.

### Lasten

Die effiziente Kraftübertragung durch die Seile erlaubt eine Nutzlast von wenigen Hundert Gramm bis mehreren Tonnen, was durch den Einsatz von Schwerlastwinden sogar noch erhöht werden kann. Lediglich Portalroboter können im Produktionsumfeld ähnlich große Arbeitsräume wie Seilroboter

Fachartikel Seilrobotik; MaschinenMarkt; Autor: Johannes Stoll; Frist: Mitte November; Umfang: ? pro Seite 3000 Zeichen und ein Bild;

erreichen. Portalroboter sind allerdings im Aufbau, Materialeinsatz und in der Inbetriebnahme aufwendig und dementsprechend nicht mobil. Seilroboter haben ihnen gegenüber den Vorteil, dass sie nur aus wenigen Komponenten bestehen, modular aufgebaut und dementsprechend leicht umrüstbar sind. Die Winden als Hauptkomponente sind ein etabliertes, zuverlässiges Maschinenbauelement.

### **Bauformen**

Es gibt verschiedene Bauformen von Seilrobotern: Wenn die mindestens drei oder mehr Seile und Winden nur oben befestigt sind, ist es ein hängender Seilroboter. Er ähnelt dann einem Deltaroboter. Der Vorteil dieses Seilroboters gegenüber dem Deltaroboter ist, dass der Endeffektor über das Aufrollen der Seile vollständig aus dem Arbeitsbereich entfernt werden kann. Eine andere Variante des Seilroboters ist eine vollverspannte Konfiguration. Zusätzlich zu den Seilen von oben wird der Seilroboter dann mit vier weiteren Seilen nach unten abgespannt.

### **Steuerung**

Ein Seilroboter ist schnell aufgebaut, ortsflexibel und aufgrund der geringen Eigenmassen energieeffizient. Gesteuert wird der Roboter durch eine echtzeitfähige CNC-Steuerung, die sich leicht über den etablierten G-Code (DIN 66025) programmieren lässt. Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) kann optional angekoppelt werden und erlaubt eine einfache Integration in bestehende Anlagen.

### **Anwendungsgebiete**

Der Vorteil der großen und gut skalierbaren Arbeitsräume von Seilrobotern zeigt sich in Anwendungen wie dem Montieren von Fassaden an Gebäuden und logistischen Prozessen. Seilroboter funktionieren hier im Sinne eines automatisierten Krans mit ähnlichen Nutzlasten und Bewegungsräumen und einem höheren Autonomiegrad.

Aktuell entsteht am IPA für Logistikprozesse eine Anwendung mit einem Palettengreifer, um diese automatisiert zu versetzen. In einem weiteren Szenario kooperiert der Seilroboter mit fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF): Diese fahren in seinen Arbeitsbereich und mithilfe seines Greifers lädt er die Ware von einem auf das andere FTF um. Die Anwendung adressiert Bedarfe in der Intralogistik. Die dort verbreiteten FTF können Lasten, die sie bewegen, lediglich über Bolzen abdocken, aber sie können nichts stapeln oder ähnliche Handlungsaufgaben übernehmen. Mit der Kombination aus FTF und Seilroboter können beispielsweise Lagerplätze enger sein: Der Seilroboter kann ein Objekt aus der Mitte „picken“ und zum FTF befördern, sodass keine Fahrwege für letztere nötig sind.

Für dieses Bewegen und gezielte Ablegen von Objekten in Logistik oder Montage sind Seilroboter aufgrund ihres großen Arbeitsraums geeignet. Wenn in einem Lager beispielsweise sperrige Objekte wie Plattenmaterialien aus Gips, Holz oder Metall oder Stahlträger per Kranvorrichtung bewegt werden, ist beim Ablagevorgang immer ein Mitarbeiter nötig, weil die Ladung pendelt und abgebremst werden und der genaue Ablageort bestimmt werden muss. Da der Seilroboter dieses Pendeln unterdrückt, kann sowohl bezüglich der Arbeitsgeschwindigkeit als auch bezüglich der Ergonomie eine Optimierung erzielt werden. Bei der Montage von Fassadenteilen kommt die Fixierung der Bauteile ebenfalls der Arbeitssicherheit und dem Schutz der bestehenden Fassade zugute.

### **Additive Verfahren**

Ein weiteres Anwendungsfeld für Seilroboter sind additive Fertigungsverfahren. So nutzte das erst kürzlich abgeschlossene Forschungsprojekt „Hindcon“ einen Seilroboter für den 3D-Betondruck, in dessen Seile die Vorrichtung für den Betondruck eingespannt wurde. Er kann bis zu zehn Meter pro Minute drucken.

Fachartikel Seilrobotik; MaschinenMarkt; Autor: Johannes Stoll; Frist: Mitte November; Umfang: ? pro Seite 3000 Zeichen und ein Bild;

Die Bauindustrie sollte eine automatisierte Maschine erhalten, die sowohl umweltfreundlicher als auch kostensparend ist. Denn Betonteile additiv herzustellen bedeutet, bei gleichen Materialeigenschaften weniger Beton und somit weniger Ressourcen für dessen Herstellung zu benötigen, weil durch den filigranen Druck beispielsweise Wabenstrukturen mit Hohlräumen möglich sind. Neben dem additiven Verfahren setzte Hindcon auch Subtraktionsverfahren um. Hierfür wurde ein Kuka-Roboter in die Plattform des Seilroboters eingehängt, der das Nachbearbeiten und Fräsen durchführte.

Eine Idee ist, Bauteile direkt auf Baustellen drucken zu können, weshalb klassische Roboterlösungen für diese Anwendung nicht infrage kamen. Der Seilroboter als mobiles, universelles Positioniersystem bot hierfür die gewünschten Funktionen und hat auch für den Einsatz in Fabriken gegenüber Portalsystemen die bereits oben genannten Vorteile.

Das Fraunhofer IPA hat von der Planung, der Komponentenerstellung, Steuerungs- und Regelungstechnik bis hin zur Realisierung eines Seilroboters Expertenwissen. An einem bestehenden Demonstrator können Einsatzmöglichkeiten praktisch getestet werden. 2020 wird das Institut zudem einen „Technologietag Seilroboter“ veranstalten und die zugrundeliegenden Technologien präsentieren.

---

## Drei Fragen an den Mitentwickler Dr. Werner Kraus, Leiter der Abteilung Roboter- und Assistenzsysteme am Fraunhofer IPA:

### 1.) Wie kam es überhaupt zu der Idee, einen Seilroboter zu entwickeln?

Die Idee für Seilroboter entstand aus der Verfügbarkeit von hochperformanter Steuerungstechnik, mit deren Hilfe es plötzlich möglich wird, eine Roboterplattform über acht Seile präzise im Raum zu steuern. Damit stoßen Seilroboter bezüglich Arbeitsraumgröße und Dynamik in Dimensionen vor, in denen konventionelle Robotersysteme wie Sechssachsknickarm- oder Portalroboter nicht mithalten können.

### 2.) Welche Kriterien müssen erfüllt sein, um einen Seilroboter nutzen zu können?

Es bedarf einer applikationsspezifischen Auslegung des Seilroboters, die sicherstellt, dass im benötigten Arbeitsraum die Seile unter Spannung stehen und es keine Kollisionen der Seile untereinander oder mit der Umgebung gibt. Hierfür haben wir die Auslegungssoftware WireCenter entwickelt, die seit wenigen Monaten open source zur Verfügung steht.

### 3.) Für welche Anwendungen eignet sich das Konzept gut, bei welchen würden Sie vom Einsatz des Seilroboters abraten?

Seilroboter eignen sich dann, wenn es um große Arbeitsräume geht. Neben den im Text genannten Anwendungen umfasst das zum Beispiel auch das Bewegen von Test-Dummys für die Erprobung von Fahrerassistenzsystemen. Zudem ist es möglich, mit *einem* Hardwareset ein Spektrum von Einbau-Umgebungen abzudecken. In der Einsatzumgebung sind nur minimale Eingriffe nötig: Seile und Plattform sind passive Elemente und stören beispielsweise in Prüfsystemen keine Sensoren. Auch optisch sind die Seile kaum erkennbar. Nicht zuletzt eignen sich Seilroboter dann, wenn hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen gefordert sind. Gleichwohl werden Seilroboter keine Industrieroboter ersetzen.

Fachartikel Seilrobotik; MaschinenMarkt; Autor: Johannes Stoll; Frist: Mitte November; Umfang: ? pro Seite 3000 Zeichen und ein Bild;

**Kontakt:**

Johannes Stoll leitet die Gruppe „Roboterprozesse und Kinematiken“ am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; johannes.stoll@ipa.fraunhofer.de, +49 711 970 3738.

**Bildmaterial:**



Bild1\_Seilroboter.jpg



Bild2\_Seilroboter\_Winde.jpg



Bild3\_Seilroboter\_Betondruck.JPG

Bild 1: Seilroboter sind eine Automatisierungslösung für große Arbeitsräume, schwere Lasten oder Anwendungen mit hoher Dynamik und Beschleunigung. (Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Bild 2: Kompakte Winden und bis zu acht verspannte Seile sind neben der Rahmenstruktur die einzigen nötigen Komponenten eines Seilroboters. (Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Bild 3: Im Projekt „Hindcon“ wurde ein Seilroboter für den 3D-Betondruck genutzt. (Quelle: Hindcon-Projekt)