
22. Internationale Kranfachtagung 2014
„Der Kran in Materialflusstechnik und Logistik“

**Umschlag von Stückgütern mit Seilrobotern –
Systemkonzept und Anwendung**

Guido Follert
Semhar Kinne
Frank Ryll
Sergii Kolomiichuk



Dipl.-Ing. Semhar Kinne (Referentin)
Dipl.-Ing. Guido Follert
Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund



Dr.-Ing. Frank Ryll
Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk
Fraunhofer IFF
Sandtorstr. 22
39106 Magdeburg

Umschlag von Stückgütern mit Seilrobotern – Systemkonzept und Anwendung

Die WISA ATLAS beschäftigt sich mit der Entwicklung so genannter paralleler Seilroboter, welche durch die Anwendung einer Robotersteuerung auf Kranwinden entstehen. Wesentliche Vorteile des Konzeptes sind ein einfacher Aufbau, große Arbeitsräume, hohe Nutzlasten, hohe Geschwindigkeiten und das besonders gute Verhältnis zwischen Nutzlast und bewegter Eigenmasse von größer als 10:1, was jeden konventionellen Kran oder Industrieroboter hinsichtlich der Effizienz deutlich übertrifft. Im Beitrag werden das Konzept und der Anwendungsbereich für parallele Seilroboter in intralogistischen Anwendungen sowie in Mobilfabriken beschrieben.

1 Einführung in die Seilrobotertechnologie

Parallele Seilroboter gehören zu den Parallelkinematikmaschinen, welche auch als Stewart-Gough-Plattformen oder Hexapoden bezeichnet werden. Klassische Parallelkinematikmaschinen besitzen starre Übertragungsglieder, welche aus Stäben und Gelenken zusammengesetzt sind. Im Gegensatz dazu werden bei parallelen Seilrobotern biegeschlaffe Elemente wie Kunstfaser- oder Drahtseile verwendet. Die bewegliche Plattform führt ein Werkzeug, ein Handhabungsgut oder einen Sensor und wird durch Seile gegenüber einer Tragstruktur abgespannt. Im Betrieb werden die Seile immer unter Spannung gehalten, so dass je Seil nur Zugkräfte übertragen werden. Die wirkende Länge der Seile lässt sich durch Aufwickeln in einer sehr großen Spanne ändern. Erfolgt die Längenänderung der Seile in einer synchronisierten definierten Weise, lässt sich die bewegliche Plattform genau auf vorgegebenen Bahnen bewegen. Die Längenänderung wird meist durch eine Seilwinde erzeugt, welche ein sehr gut etabliertes Maschinenelement darstellt und in vielen Arten von Kranen weit verbreitet ist. Daher kann man einen Seilroboter als Weiterentwicklung eines Krans ansehen, der durch Integration einer NC-Steuerung zu einem Robotersystem aufgewertet wird.

Ein paralleler Seilroboter (Bild 1) bildet im Gegensatz zu konventionellen Roboterarmen von Natur aus ein modulares System. Auf Seiten der Hardware besteht der Roboter im Wesentlichen aus

- mehreren, typischerweise baugleichen Seilwinden,
- einem Rahmen, Gestell oder Maschinenbett, an welchem die Winden im Raum angeordnet werden,
- Antriebstechnik, bestehend aus Elektromotoren und passender Leistungselektronik,
- einem oder mehreren Schaltschränken, die auch dezentral angeordnet sein können,
- Seilen aus Kunstfaser oder Stahl mit einer geeigneten Endverarbeitung zur Verbindung mit der Plattform,
- einer beweglichen Plattform, die den Endeffektor darstellt oder zur Ankopplung eines Prozessmoduls dient,
- einem Computer, auf dem die Steuerung abläuft,

- Sensoren für die Steuerungs- und Regelungstechnik, etwa für Längen, Positionen und Kräfte,
- einem oder mehreren Feldbussen zur Verbindung der Steuerung mit den Sensoren und Aktoren.

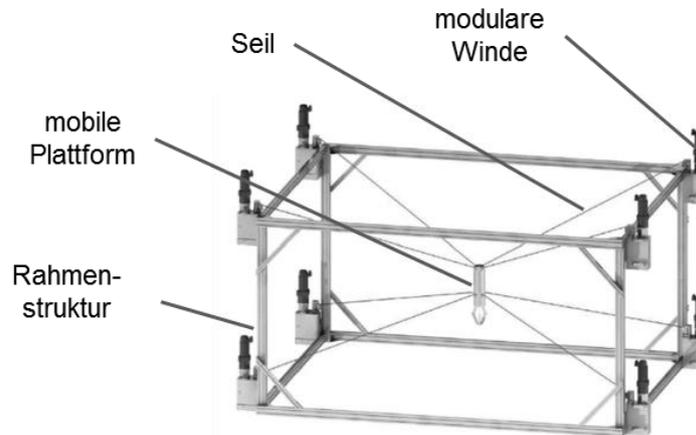


Bild 1: Aufbau eines Seilroboters

2 Einsatz von Seilrobotern in der Intralogistik

Es existieren vielseitige Einsatzmöglichkeiten für Seilroboter in der Intralogistik. Anstelle einer festen Rahmenstruktur können die Winden direkt an der Tragstruktur von Gebäuden befestigt werden. Ein anderes Konzept sieht vor, die Winden ausschließlich am Boden zu befestigen und über Umlenkrollen zur Plattform zu lenken. So sind Installationen auch in bestehende Bauwerke konfigurierbar, ohne dass eine zusätzliche Tragstruktur vorgesehen werden muss. Dadurch sind sehr große Arbeitsräume von mehr als 50 x 30 x 30 m (L x B x H) möglich. Seilroboter können also die Wirkgröße von Brückenkränen erreichen und für Transport- und Handhabungsaufgaben eingesetzt werden. Im Vergleich zu konventionellen Kränen ist die Positionsgenauigkeit und somit Prozesssicherheit erhöht, da ein Pendeln der Last durch die Verspannung der Plattform minimiert wird. Abhängig von dem Lastgewicht und der Antriebskonfiguration sind hohe Dynamikwerte erzielbar.

Für die Integration des Seilroboters in die Materialflussplanung sind vor allem geeignete Übergabestellen zu Produktions- und Transportanlagen vorzusehen. Dabei ist zu beachten, dass Abgabestellen möglichst niedrig angeordnet sind, um den Arbeitsraum des Roboters durch hineinragende Elemente nicht zu reduzieren. Die bereitgestellten Güter sollten weiterhin automatisiert aus dem Arbeitsraum des Roboters abtransportiert werden, so dass die Übergabe ohne manuelle Eingriffe ermöglicht werden kann.

In dem folgenden Kapitel wird ein anwendungsnahes logistisches Szenario im Wareneingang beschrieben, das unter Verwendung der Seilrobotertechnologie realisiert werden kann. Der darauffolgende Abschnitt beschreibt den Teil des Szenarios, der auf einer Versuchsfläche am Fraunhofer IML in Dortmund im November 2013 realisiert wurde.

2.1 Szenariobeschreibung – Umschlag von Stückgütern / Automatische Bestückung eines Behälterlagers

Das Szenario beschreibt die automatische Bestückung eines Behälterlagers mit Standard-

Kleinladungsträgern (KLT) beginnend am Wareneingang bis zur Einlagerung des KLT in ein Lagerfach des Behälterlagers (Bild 2).

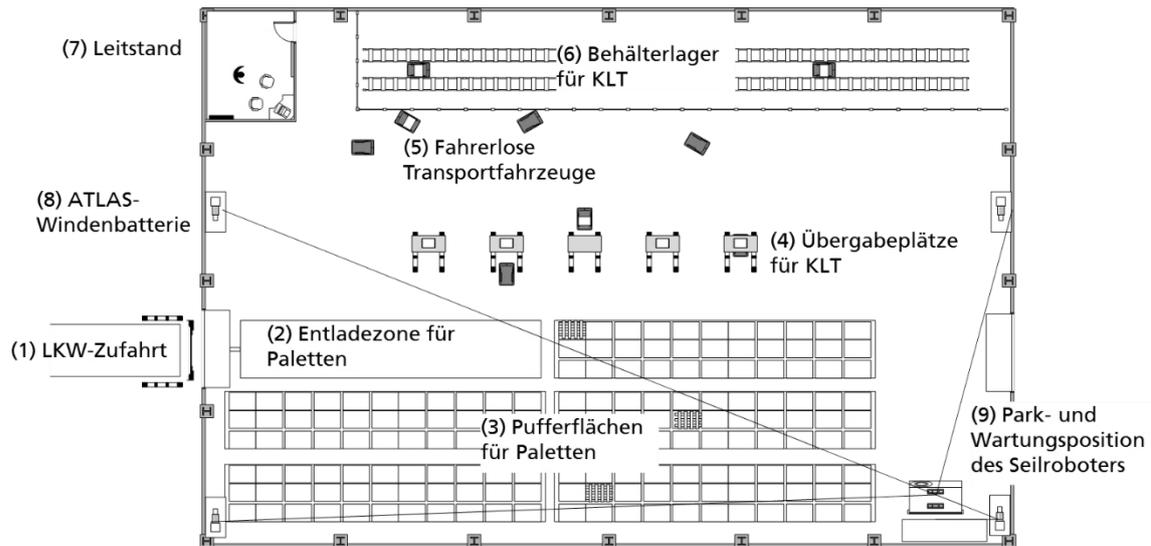


Bild 2: Szenario Behälterlagerbestückung

Schritt 1: LKW-Entladung

Mittels LKW werden über ein Wareneingangstor des Behälterlagers Waren auf Euro-Paletten angeliefert (1). Der Sattelaufleger des LKW wird rückwärts in eine definierte Entladezone (2) rangiert. Die Entladezone hat eine Grundfläche von 14 x 3 m (L x B); der darin positionierte Standard-Sattelaufleger eine Größe von 13,60 x 2,50 x 3,80 m (L x B x H).

Die Handhabungsaufgabe für den Seilroboter besteht darin, den Sattelaufleger in möglichst kurzer Zeit automatisch zu entladen und die Paletten auf einer der Pufferflächen (3) abzustellen.

Ein Standard-Sattelaufleger hat bei einlagiger Beladung eine Kapazität von 33 Euro-Palettenstellplätzen. Die Größe einer Ladungseinheit beträgt 1200 x 800 x 2015 mm (L x B x H). Das Gewicht einer Ladungseinheit beträgt ca. 750 kg. Die Paletten sind von oben frei zugänglich. Die Paletten sind von einer Höhe ca. 900 bis 1200 mm über der Oberkante des Fußbodens (OKF) vom Sattelaufleger aufzunehmen.

Der Arbeitsraum für den Seilroboter (8) wird mit 30 x 15 x 6 m (L x B x H) durch die Halle vorgegeben.

Schritt 2: Ab stapeln von Behältern

Die auf den Pufferflächen abgestellten Ladungseinheiten bestehen aus jeweils 36 KLT mit einer Größe von 600 x 400 x 220 mm. Auf jeder Palette sind 4 Stapel mit jeweils 9 KLT angeordnet. Jeder KLT hat ein Gewicht von ca. 20 kg.

Die Handhabungsaufgabe für den Seilroboter besteht darin, die KLT von den Paletten abzustapeln und einzeln auf einem freien Übergabeplatz für KLT abzustellen (4).

Der Arbeitsraum für den Seilroboter wird mit 30 x 12 x 6 m (L x B x H) durch die Halle vorgegeben. Die KLT sind von oben frei zugänglich. Die letzte Lage von KLT ist von einer

Höhe ca. 144 mm über OKF der Euro-Palette aufzunehmen.

Schritt 3: Einlagern der Behälter in das Behälterlager

Die auf den Übergabepätzen bereitgestellten KLT werden von Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) (5) selbständig aufgenommen und in das Behälterlager transportiert (6). Der nunmehr freie Übergabepatz wird für den nächsten einzulagernden KLT freigegeben.

Der Entlade-, Abstapel- und Einlagerungsprozess wird über eine Leitstand (7) überwacht.

In der Halle befindet sich eine Wartungs- und Parkposition für den Endeffektor des ATLAS-Seilroboters. Hier erfolgt auch der Wechsel der Lastaufnahmemittel für Europaletten und Kleinladungsträger.

2.2 Demonstrator IPAnema 3 in der Mobilen Fabrik

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, ideale Produktionsstrukturen, die auf eine spezifische Marktsituation zugeschnitten sind, mit Verschiebungen im Auftragspektrum zu kombinieren. Insbesondere Standort- und Allokationsentscheidungen werden durch zunehmend kürzere Lebenszyklen von Produkten und Dienstleistungen beeinflusst und können bspw. durch eine variable Fertigungsstruktur und ortsflexible Betriebsmittel ihren langfristigen Charakter verlieren. ([1], [2]) Eine so entstehende Mobile Fabrik zeichnet sich durch einen Mehrzweck-Charakter aus, denn sie kann nach ihrer Einsatzdauer sowohl an anderen Standorten als auch für andere Einsatzgebiete weiterverwendet werden. In jedem Fall ist ihre Nutzungsdauer an einem bestimmten Ort oder Arbeitsgebiet zeitlich begrenzt.

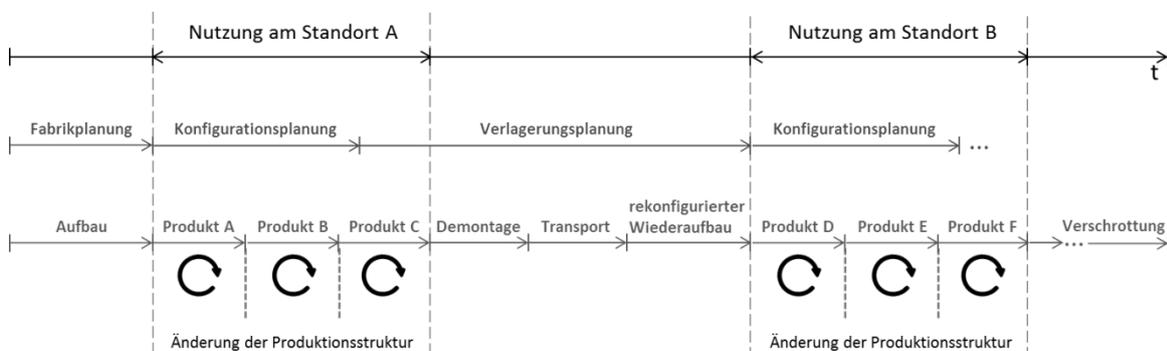


Bild 3: Mögliche Phasen einer Mobilen Fabrik

In Bild 3 ist ein möglicher Lebenszyklus der Mobilen Fabrik dargestellt. Die Fabrik wird zunächst an einem Standort errichtet, wo Konfigurationen an der Prozessstruktur vorgenommen werden können, so dass die Fabrik unterschiedliche Funktionen erfüllen kann. Nach Beendigung der Nutzungsdauer an einem Standort kann die Mobile Fabrik zerlegt und an einem weiteren Standort wieder aufgebaut werden. Für die Lebensdauer von Mobilen Fabriken ist es von großer Bedeutung, dass der Auf- und Abbau verschleißfrei erfolgt. Die Verbindungen, die während der Montage entstehen, müssen stabil und sicher sein, sollen aber beim Abbau auch wieder leicht lösbar sein.



Bild 4: ZFT-Halle des Fraunhofer IML

Das LivingLab Zellulare Transportsysteme (kurz: ZFT-Halle, Bild 4) zeichnet sich insbesondere für flexible Konfigurationen von intralogistischen Systemen, bspw. für Transport und Umschlag, innerhalb von Gebäuden aus. In dem durchgeführten Szenario symbolisiert die Halle eine Mobile Fabrik, da nachträgliche Einbauten wie bspw. der temporäre Aufbau eines Seilroboters problemlos möglich sind. Auch der Seilroboter erfüllt die Anforderungen an Betriebsmittel in einer Mobilen Fabrik (Bild 5), da er grundsätzlich modular aufgebaut ist und in mobile Einheiten zerlegt werden kann. Eine Skalierbarkeit des Roboters ist durch Veränderungen des Arbeitsraumes, die durch Neuordnung der Windenpositionen im Raum sowie durch einen Austausch der Windentrommeln umgesetzt werden können, gegeben. Anpassungen an Leistungsveränderungen können durch entsprechende Dynamik im Rahmen der eingesetzten Antriebstechnik erfolgen, wobei auch die Antriebstechnik selbst für eine veränderte Auftragslage ausgetauscht werden kann.

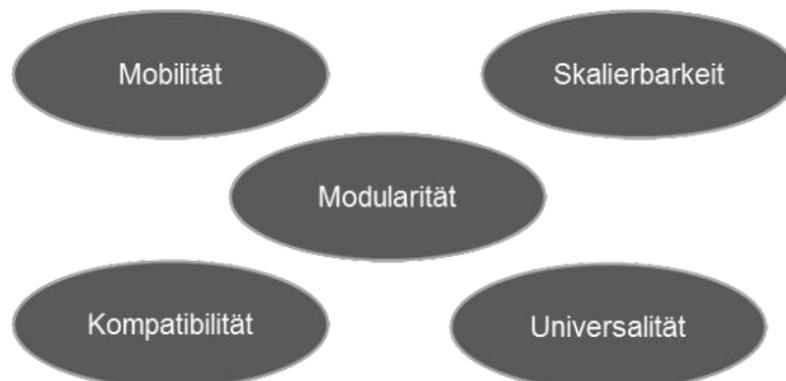


Bild 5: Anforderungen an Mobile Fabriken (vgl. [3])

Die Kompatibilität des Seilroboters mit seiner Umgebung, mit kooperierender Technik sowie mit softwarebasierten Systemen wird durch geeignete Schnittstellen der Steuerungsarchitektur begünstigt. Die Universalität des Robotersystems wird durch die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten deutlich. Für die Erfüllung einer spezifischen Prozessaufgabe ist lediglich ein Austausch des End-Effektors vorzunehmen sowie eine bestimmte Konfigurierung der Steuerung auszuwählen. Der Aufbau und die Funktionalität des Roboters bleiben aber grundsätzlich unverändert. Die Seilroboter-Technologie verfügt daher vor allem in der Bandbreite an möglichen Applikationen über ein hohes Maß an

Universalität.

2.2.2 Szenariobeschreibung

Das demonstrierte Szenario stellt einen Lebenszyklus bestehend aus Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb und Abbau innerhalb der Mobilen Fabrik dar und wurde innerhalb von 14 Arbeitstagen realisiert. Die Aufgabe während des Betriebs bestand in der Interaktion des Seilroboters IPAnema 3 mit einem Schwarm Zellularer Transportfahrzeuge. Dabei wurden Kleinladungsträger mit den Fahrerlosen Transportfahrzeugen im Arbeitsraum des Seilroboters bereitgestellt und automatisch vom Seilroboter entnommen. Anschließend transportierte der Seilroboter den Behälter zu einer festinstallierten Übergabestation, an der der KLT wiederum von einem FTF aufgenommen und auf der Freifläche positioniert wurde. Eine öffentliche Live-Demonstration des Szenarios fand am 28. November 2013 statt.

Zu einem reibungslosen Verlauf der Veranstaltung trug die gründliche Planung des Vorhabens bei, die bereits ein halbes Jahr vor der Veranstaltung begann. Zunächst wurde ein allgemeiner Prozessablauf ausgearbeitet, bei dem die Zellularen Transportfahrzeuge integriert werden konnten. Diese sind in der Lage, sich innerhalb der ZFT-Halle frei zu bewegen und autonom Ein- und Auslagerungsvorgänge aus einem Behälterregal sowie Einzeltransporte vorzunehmen. Als Handhabungsobjekte wurden daher ebenfalls Behälter ausgewählt, für deren Aufnahme und Abgabe ein zweckmäßiger Greifer konzipiert wurde. Von den entwickelten Alternativen wurde ein einfaches Greifprinzip bevorzugt, bei dem der Greifer seitlich vor dem Behälter positioniert und an die Kopfseite geführt wird. Anschließend verfährt der Greifer senkrecht nach oben und führt das Aufnahmeblech in die Hinterschneidung des Handgriffs (Bild 6). Das realisierte Greifprinzip zeichnet sich durch seine Passivität aus, wodurch keine zusätzliche Medienversorgung am Endeffektor benötigt wird.



Bild 6: Ablauf bei der Aufnahme von Behältern mit dem passiven Greifer

Im nächsten Schritt wurden die Positioniergenauigkeiten der beiden System miteinander verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass ein erfolgreicher Greifvorgang bei einprogrammierten Anfahrpositionen von Seilroboter und Fahrzeug ohne zusätzliche Sensorik nicht gewährleistet werden konnte. In der Konsequenz wurde für die Feinpositionierung eine Bildverarbeitung vorgesehen. Dazu wurde eine einfache Webcam am Endeffektor des Seilroboters installiert, die ihre Bilder über WLAN und ebenfalls ohne zusätzliche Medienversorgung an den Steuerungsrechner übertragen kann.

Die Koordination zwischen Seilroboter und FTF erfolgt über TCP-Telegramme, die zwischen Leitstand der Fahrzeuge und Robotersteuerung ausgetauscht werden. Zu Beginn des Szenarios befinden sich die Fahrzeuge mit Behältern auf vorgegebenen Positionen auf der Fläche. Sobald das FTF die Position auf der Fläche erreicht, entnimmt der Seilroboter

den Behälter und transportiert ihn zu einem bestimmten Übergabepplatz. Durch den Stillstand der Fahrzeuge während des Greifvorgangs werden Kollisionen vermieden. Über einen Belegungssensor am Lastaufnahmemittel ist für das Fahrzeug bekannt, dass es sich im unbeladenen Zustand befindet und im nächsten Schritt wird zur Übergabestation beauftragt, um den Behälter wieder aufzunehmen und damit auf die Freifläche zu fahren.

2.2.3 Anordnung

Nachdem das Szenario in enger Kooperation zwischen Mitarbeitern des Fraunhofer IPA und des Fraunhofer IML für den temporären Betrieb festgelegt wurde, wurden mögliche Eckpunkte des Bauraums erörtert, an denen die Seilwinden positioniert werden können. Einerseits aufgrund einer bereits festinstallierten Übergabestation einer angrenzenden Roboterzelle, andererseits um die Flexibilität des Seilroboters bezüglich bestehender Gewerke zu demonstrieren, wurde eine trapezförmige Aufspannfläche des Seilroboters gewählt Bild 7. Mit einer Größe von über 120 m² stellt der Aufbau den bis dato größten IPAnema Seilroboter dar.

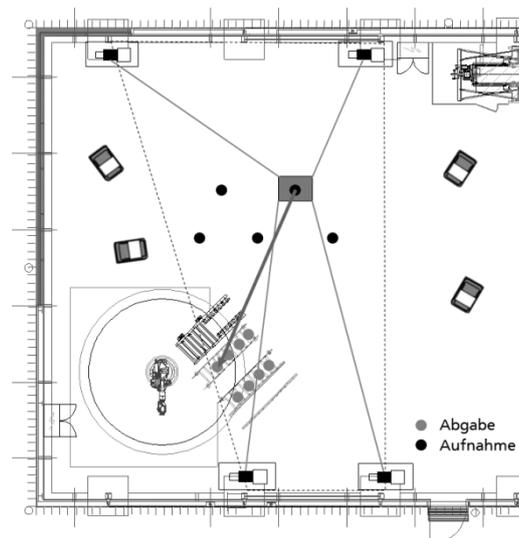


Bild 7: Aufnahme- und Abnahmepunkte für Behälter durch Seilroboter IPAnema 3

Nachdem sichergestellt wurde, dass die im Gebäude vorhandene Medienversorgung den Anforderungen des Seilroboters entspricht, wurden Kollisionen mit bestehenden Gewerken überprüft. In einer Simulation zeigte sich, dass insbesondere der angrenzende Schutzzaun den Arbeitsraum des Seilroboters erheblich eingeschränkt. Für die Aufbauphase wurde daher die Demontage des Schutzzauns vorgesehen.

Die vier Windenbatterien, bestehend aus je zwei Winden, wurden in den Ecken des gekennzeichneten Bereichs vor dort befindlichen Doppel-T-Trägern angeordnet und fest mit dem Boden verübelt. Senkrecht zu den Doppel-T-Trägern verlaufen Querträger unterhalb der Gebäudedecke zur gegenüberliegenden Hallenseite. An diesen werden die zur Seilführung notwendigen oberen Umlenkrollen des Seilroboters über eine Klemmeinrichtung installiert.

2.2.3 Durchführung des Vorhabens

Der Aufbau des Seilroboters benötigte 4 Tage und beinhaltete die folgenden Arbeitspunkte:

- Demontage der bestehenden Gewerke im Arbeitsraum
- Entladen der Mobil Fabrik aus Lieferwagen
- Einrichten des Bedienarbeitsplatzes
- Montage der Windenbatterien und Verschrauben der Seilwinden mit der Windenbatterie
- Positionieren der Seilwinden und Befestigen am Boden
- Montage der Umlenkrollen unter der Hallendecke
- Positionierung des Schaltschranks
- Verkabeln der Motoren und Sensoren

Im Rahmen der Inbetriebnahme wurde der Seilroboter eingemessen und kalibriert. Weiterhin wurden Steuerungskomponenten implementiert sowie die Bildverarbeitung getestet und optimiert. Nachdem einige Fehler behoben wurden sowie die Konstruktion der oberen Umlenkrollen verbessert wurde, konnte das eigentliche Szenario getestet werden. Die Inbetriebnahme nahm 7 Tage in Anspruch.

Der eigentliche Betrieb der Mobil Fabrik wurde in 2 Tagen simuliert. Dies beinhaltete einen Videodreh sowie eine öffentliche Live-Demonstration, die auf großes Interesse stieß. Direkt im Anschluss wurde mit dem Abbau begonnen, der lediglich einen Tag benötigte. Neben Verpackung und Versand musste dabei auch der Ausgangszustand der Halle wiederhergestellt werden.

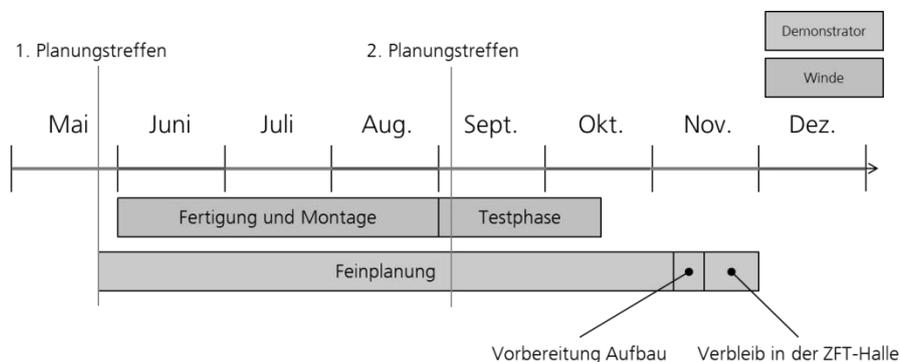


Bild 8: Zeitstrahl für Vorbereitung und Durchführung des Vorhabens

Zusammenfassend ist die Simulation einer Mobil Fabrik mit Einsatz des Seilroboter IPAnema dank langfristiger Planungen gelungen (Bild 8). Der Seilroboter wurde als Beispiel für eine wandelbare Handhabungstechnik temporär in eine bestehende Hallenumgebung integriert. Außerdem konnte das Zusammenspiel mit einer flexiblen Fördertechnik gezeigt werden, wodurch eine anwendungsnahe Handhabungsaufgabe realisiert werden konnte.

3 Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Um eine breite Anwendbarkeit von Seilrobotern zu gewährleisten, wurden die Anforderungen von Seilrobotern an einer großen Menge von Anwendungsideen gemessen. In einem Workshop wurden dabei mehr als 135 Anwendungsfälle in 21 Branchen

identifiziert. In einem mehrstufigen Prozess wurden die Anwendungsfälle bezüglich Machbarkeit, Marktfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bewertet und auf wenige Applikationen aus den Bereichen Inspektion, Handhabung und Montage verdichtet. Zur näheren Untersuchung wurden zu den Anwendungen Prozessbeschreibungen durchgeführt sowie Anforderungen an Hard- und Software erarbeitet.

Im Projektverlauf sollten zunächst die Technologien bereitgestellt werden, welche für die Umsetzung von Inspektionsrobotern benötigt werden. Dies liegt darin begründet, dass der Entwicklungsaufwand für diese Anwendungen geringer eingestuft wurde. Gleichzeitig waren die für den Bereich Inspektion zu entwickelnden Technologien die Voraussetzung für die weitergehende Nutzung von Seilrobotern für Handhabungs- und Montageaufgaben in den folgenden Projektphasen. Den technischen Schwerpunkt bildete die Bereitstellung von geeigneten Winden für relativ geringe Nutzlasten bei einem mittelgroßen Arbeitsraum, die Beschreibung von Musterprozessen für die Einsatzplanung sowie die Entwicklung der grundlegenden Steuerungsplattform mit Modulen für die kinematische Transformation, Automatikbetrieb sowie einfachen Programmierwerkzeuge. Parallel war ein möglichst universell einsetzbarer Endeffektor zur Lösung unterschiedlicher Inspektionsaufgaben zu entwickeln. Hierbei ist zu bemerken, dass der für eine Inspektion notwendige Endeffektor relativ geringe Herausforderungen in sich birgt, da er in einfachen, meist beobachtenden Prozessen nicht in physischen Kontakt mit der Umgebung steht. Das bedeutet, dass in der Regel keine Kräfte auf andere Bauteile übertragen werden müssen. Auch erfordern Inbetriebnahme und Erprobung weniger umfassende Maßnahmen bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit, da die bewegten Massen noch relativ leicht sind und sich ohne zusätzliche Hilfsmittel bewegen lassen.

Grundsätzlich sollen Seilroboter zur Lösung von Inspektionsaufgaben bei großen bzw. großflächig verteilten technischen Anlagen (z.B. Hochregallagern, Papiermaschinen, Chemieanlagen, Rohrleitungen, Kraftwerken, Windenergieanlagen) eingesetzt werden.

Als Demonstratorlösung aus dem Bereich der Logistik wurde die „Inspektion eines Hochregallagers“ konzeptioniert und umgesetzt. Ausgangspunkt der Entwicklung waren die Anforderungen an Betreiber ortsfester Regalsysteme. Hierin ist u.a. festgelegt, dass der Betreiber „... in Abständen von nicht mehr als 12 Monaten [...] eine Inspektion von einer fachkundigen Person durchzuführen“ hat, bei automatischen und Hochregalanlagen „eine Experteninspektion alle 12 Monate, die mindestens 20 % der Anlage umfasst, rollierend, sodass die gesamte Anlage alle 60 Monate inspiziert wird.“ [4] Mögliche Schadensbilder in Regallagern sind beispielsweise nicht lotrechte Stützen, Schäden durch Stoßeinwirkung oder Überlastungen (Verformungen, Versatz, geknickte Fachböden), Verlust von Bauteilen, beschädigte Fußplatten, Risse in Schweißnähten oder Korrosion. Bei der Größe moderner Hochregalsysteme ist diese Aufgabe nur mit einem sehr hohen Aufwand an Personal zu bewältigen, woraus sich der große Bedarf an technischen Unterstützungssystemen ableitet.

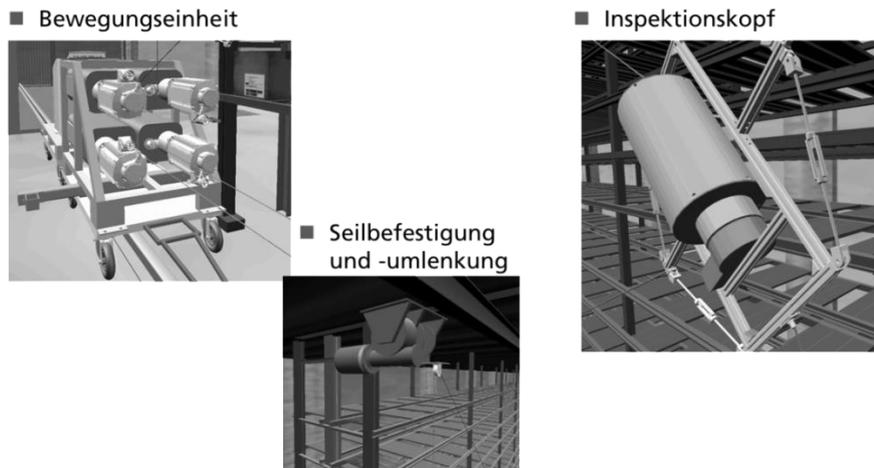


Bild 9: Hardware des Seilroboters zur Inspektion von Hochregallagern

Ziel der Entwicklung war es demnach, die oben genannten Schadensbilder weitgehend automatisch zu erkennen und potenzielle Schädigungen im laufenden Betrieb einer Anlage rechtzeitig zu detektieren und parallel den Zustand bzw. die Zustandsveränderung zu dokumentieren. Damit sollen letztlich die Ausfallrisiken beim Betrieb von automatischen Hochregalen reduziert, Anlagenstillstände durch Störungen minimiert und Instandhaltungskosten reduziert werden.

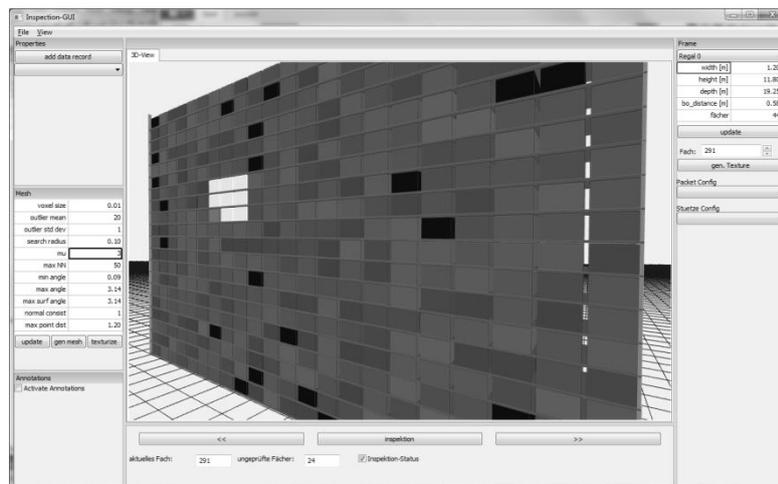


Bild 10: Visualisierung der Prüfergebnisse

Die Auslegung des Systems erfolgte in einer virtuellen Entwicklungsumgebung, anschließend erfolgte der Komponentenbau und Ersterprobung bei einem Anwendungspartner. Die Hauptkomponente des Inspektionssystems ist die Bewegungseinheit. In dieser werden die Winden des Seilroboters in einer sogenannten Windenbatterie mit vier einzeln steuerbaren Seilwinden zusammengefasst (Bild 9). Diese vier Winden reichen aus, da der Seilroboter bei der Inspektion lediglich eine X-Y-Ebene als Arbeitsraum überstreichen muss. Die kompakte Bauform ermöglicht den einfachen Transport und das schnelle Umrüsten beim Gassenwechsel im Regalsystem. Weitere Bauteile sind Seilbefestigungen und Umlenkungen sowie der eigentliche Inspektionskopf als Endeffektor des Seilroboters. Dieser ist flexibel mit Kameras, Tiefenbildsensoren, Laser-Messeinrichtungen, Beleuchtung, Stabilisatoren und Kommunikationsmodulen bestückbar. Die Inspektionsergebnisse werden in einer Leitstands-Software zusammengefasst. Diese

ermöglicht Auswertungen zum aktuellen Zustand der einzelnen Regalbestandteile, zum Stand der notwendigen Prüfungen und zur kompletten Prüfhistorie. Die Visualisierung erfolgt mittels einer farblichen Abstufung z.B. der Regalfächer, welche den Nutzer bei seinen Entscheidungen über den Weiterbetrieb oder die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen unterstützt (Bild 10).

4 Zusammenfassung

Seilroboter verfügen über entscheidende Anwendungsvorteile im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen zum Transport und Umschlag von Stückgütern bzw. zur Inspektion großflächiger Anlagen.

- variabler Arbeitsraum
- hohe Energieeffizienz durch Verringerung der bewegten Masse und weniger Verluste bei Beschleunigung und Abbremsung im Vergleich zu üblichen Roboterstrukturen
- einfacher und modularer Aufbau der Mechanik des Roboters
- einfache Konfigurierbarkeit und Rekonfigurierbarkeit für eine Vielzahl von Anwendungen
- die moderne Steuerungstechnik unterstützt mit ihren Feldbussystemen die dezentrale Ansteuerung der Seilwinden und erlaubt ein Plug-and-Produce System

Eine Allianz von vier Fraunhofer-Instituten hat es sich zum Ziel gesetzt, parallele Seilroboter für den industriellen Einsatz zu entwickeln. Innerhalb der Fraunhofer Allianz ATLAS (Automatisierte Montage von Großanlagen mit krantechnischen Seilrobotern) arbeiten die Fraunhofer-Institute IPK, IFF und IML unter Federführung des Fraunhofer IPA zusammen. Die Industrialisierung von Seilrobotern wird dabei durch drei wesentliche Entwicklungen vorangetrieben: die Adaption von Kranwinden durch Sensorintegration zu intelligenten Antriebseinheiten, die Erweiterung von Robotersteuerungen für Seilroboter sowie angepasste Planungs- und Programmierwerkzeuge für Inspektion, Handhabung, Montage und Logistik.

Quellenverzeichnis:

- [1] Reinhart, V.; Cisek, R.: Mit Mobilität zur wandlungsfähigen Produktion. Erschienen in: Reinhart, G.; Zäh, M.: Marktchance Individualisierung. Berlin, Heidelberg: Springer, 2003
- [2] Eversheim, W.; Lange-Stalinski, T.; Redelstab, P.: Wandlungsfähigkeit durch mobile Fabriken. Erschienen in: wt Werkstattstechnik online 92 (2002) H. 4, S.169-170
- [3] Wiendahl, H.-P.; Nofen, D.; Klußmann, J. H.; Breitenbach, F.: Planung modularer Fabriken – Vorgehen und Beispiele aus Praxis. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2005
- [4] DIN EN 15635: Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen. Deutsche Fassung EN 15635:2008