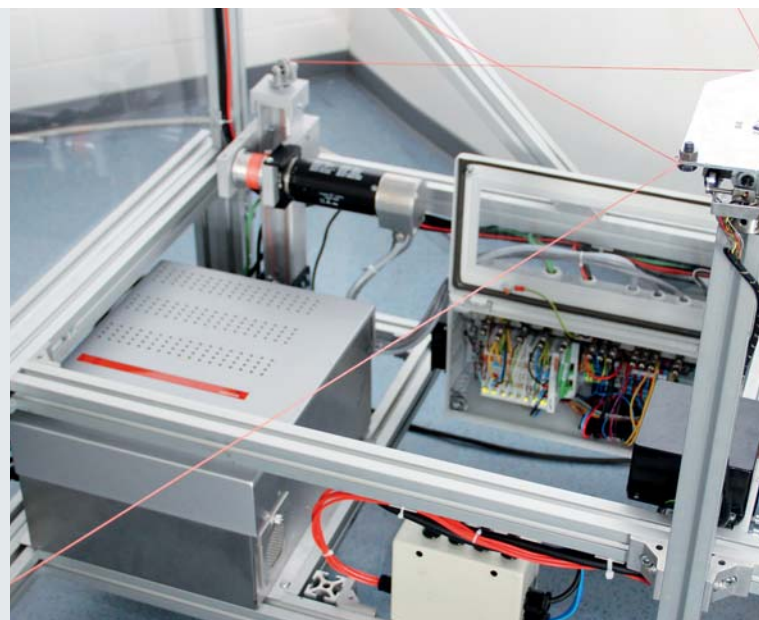


Neu erfundenen: Das Hochregallager

TwinCAT 3 vereint PC-Control und Wissenschaft für einen vereinfachten Seilroboter-Betrieb

Hochregallager mit konventionellen automatischen Regalbediengeräten sind weit verbreitet und etabliert. Allerdings ist hier immer der Anteil der Nutzlast an der zu bewegenden Gesamtmasse sehr gering. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts „EffizienzCluster LogistikRuhr“ haben nun Forscher an der Universität Duisburg-Essen mithilfe paralleler Seilroboter dieses Missverhältnis beseitigt. Dabei profitieren sie mit PC-based Control von einer kostengünstigen und flexiblen Steuerungstechnik. Außerdem lässt sich mit der Software TwinCAT 3 das in Matlab®/Simulink®-Modellen vorhandene wissenschaftliche Know-how auf einfachste Weise mit in die Steuerung integrieren.



Der leistungsfähige Schaltschrank-IPC C6640 und das modulare EtherCAT-Klemmensystem bilden die kostengünstige und flexibel anpassbare Steuerungshardware für das Forschungsprojekt.



Bei dem Prototyp eines Seilroboter-basierten Hochregallagers an der Universität Duisburg-Essen setzt man mit PC-Control und TwinCAT 3 auf eine zuverlässige und kostengünstige industrielle Steuerungsplattform, die ohne großen Aufwand das in Matlab®/Simulink®-Modellen umgesetzte wissenschaftliche Know-how integriert.

Im Bereich der Intralogistik werden heute automatische Regalbediengeräte (RBG) eingesetzt. Sie positionieren mittels einer Fahrereinheit auf einer Schiene sowie einer Hubeinheit eine Ein-/Auslagervorrichtung vor dem Hochregal, um gezielt Güter ein- und auszulagern. Aktuelle RBG bewegen dabei zur Beförderung von Kleinteilen mit nur 20 bis 50 kg Nutzlast die große Masse von 1 bis 2 t für Fahrwerk, Mast und Hubeinheit. Um dies zu vermeiden, ersetzt nun eine Leichtbau-Plattform mit integrierter Ein-/Auslagereinrichtung die komplette Fahr- und Hubeinheit. Diese Plattform wird als sogenannter paralleler Seilroboter mit acht verspannten Seilen vor dem Hochregal bewegt. Ergebnis ist ein mechanisch einfaches und extrem leichtes System, das überdies in verschiedensten Größen und ohne die bei traditionellen Hochregallagern zu beachtende, massebedingte Höhenbegrenzung aufgebaut werden kann.

Neues Konzept mit Energiespar- und Leistungspotenzial

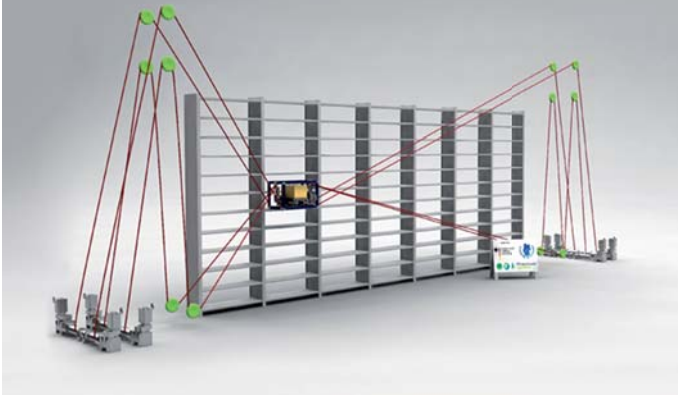
Die enorme Massereduktion der Seilrobotertechnik gegenüber konventioneller Technik von über 90 % führt zu enormen Leistungssteigerungen, bei gleichzeitig sehr guter Energiebilanz. Umgesetzt wurde dies bereits im Jahr 2012 an der Universität Duisburg-Essen, und zwar mit einem 6 m hohen, 12 m breiten und 1 m tiefen Prototyp. Realisiert haben ihn die Lehrstühle für Mechatronik bzw. für Transportsysteme und -logistik sowie der Lehrstuhl für Rechnerinsatz in der Konstruktion. Das Ergebnis fasst Dr. Tobias Bruckmann, vom Lehrstuhl für Mechatronik, folgendermaßen zusammen: „Wir haben ein extrem verbessertes Masseverhältnis erreicht. Denn der nur rund 80 kg schwere zu bewegende Endeffektor – die Leichtbau-Plattform mit der Ein-/Auslagereinrichtung – kann bis

zu 20 kg Nutzlast aufnehmen. Eine Modellrechnung, basierend auf einem einfachen Modell und idealisierten Annahmen, hat einen um 70 % reduzierten Energieverbrauch gegenüber einem konventionellen Regalbediengerät ergeben.“

Hinsichtlich der erreichbaren Umschlagleistung besteht ebenfalls ein großes Optimierungspotenzial. Als Auslegungsgrundlage bei Projektstart dienten typische RBG-Werte, d. h. 6 m/s Plattform-Geschwindigkeit und 5 m/s² Plattform-Beschleunigung. Dazu ergänzt Christian Sturm, ebenfalls vom Lehrstuhl für Mechatronik: „Um diese Werte zu erreichen, sind Windenantriebe mit 7 kW Leistung erforderlich. Bei unserem Prototyp setzen wir sogar 14-kW-Antriebe ein, sodass deutlich höhere Geschwindigkeiten und Beschleunigungen möglich sind. Zumal die stärkeren und damit schwereren Antriebe nicht, wie beim klassischen Regalbediengerät, mitbewegt werden müssen und ihre höhere Masse also keinen negativen Einfluss hat.“

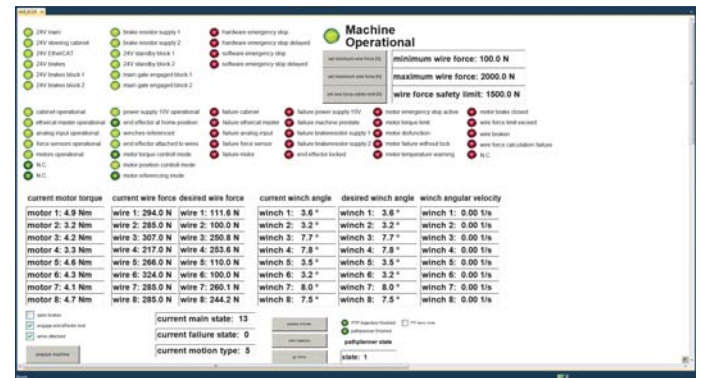
Leistungsfähige und industrietaugliche Steuerungstechnik als Basis

Um das System stets sicher betreiben zu können, müssen an das Steuerungssystem höchste Ansprüche gestellt werden. Dazu sind acht Servoantriebe synchron anzusteuern sowie zeitgleich Kraftsensoren und Winkelencoder für alle acht Seile auszulesen. Diese Messwerte liefern die Daten für eine modellbasierte Regelung, die nach einer leistungsfähigen Echtzeitplattform verlangt. Hierzu ergänzt Dr. Tobias Bruckmann: „Da diese Regelung in Matlab®/Simulink® implementiert wurde, stellte die Automatisierungssuite TwinCAT 3 von Beckhoff für unsere Forschungsgruppe eine ideale, leistungsfähige und erschwingliche Lösung dar.“



Die Leichtbau-Plattform mit der Ein-/Auslagereinrichtung wird über acht Seilwinden bewegt und positioniert.

Die Benutzeroberfläche des Seilroboters



Statt prototypischer Regelsysteme für den akademischen Einsatz konnte so auf breiter Front auf bewährte Standardkomponenten zurückgegriffen werden.“

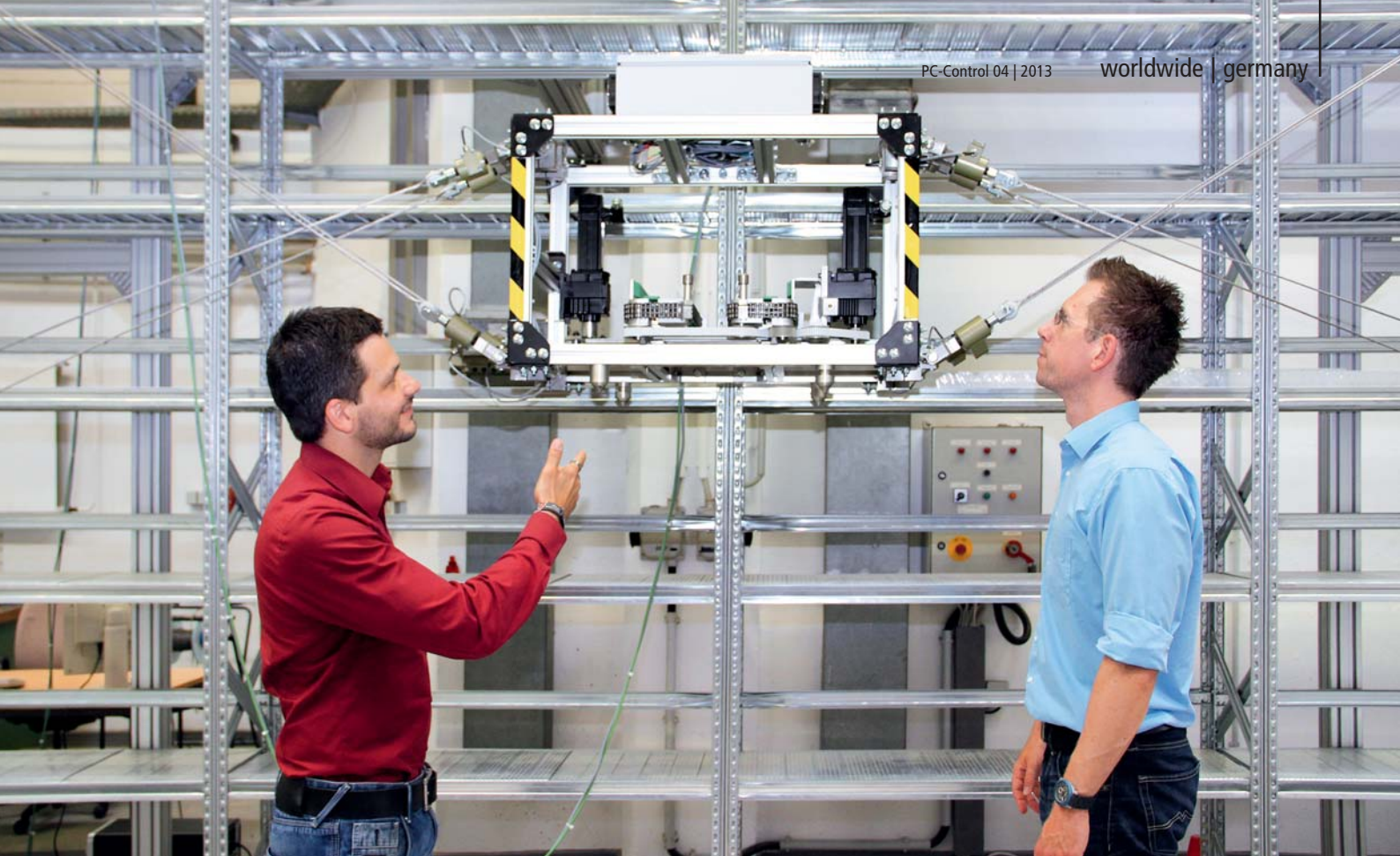
Der Schaltschrank-PC C6640 liefert reichlich Rechenleistung für die gesamte Steuerungstechnik. Er kommuniziert per EtherCAT mit Sensoren, Antrieben und mit Komponenten der Leichtbau-Plattform, wie der Ein-Auslagereinrichtung und dem Laserscanner zur Feinpositionierung. Da der Seilroboter-Betrieb äußerst zuverlässige Messungen der Seilkräfte erfordert, setzen die Forscher die analoge Eingangsklemme EL3356-0010 mit der eXtreme Fast Control (XFC) ein, wie Christian Sturm erläutert: „Um die Leichtbau-Plattform präzise und möglichst schwingungsfrei bewegen zu können, werden über Kraftmessdosens und die EtherCAT-Klemmen EL3356-0010 die Seilspannungen gemessen. Diese Werte werden dann von den in Matlab®/Simulink® implementierten Regelalgorithmen verarbeitet. Dabei haben wir insbesondere von der XFC-Funktionalität des Oversamplings – mit dem Oversamplingfaktor 10 – profitiert. Hiermit bietet die EL3356-0010 eine hervorragende Samplingrate, die, bezogen auf unseren Regeltakt von derzeit 1 ms, schon deutlich geglättete Signale liefert. Auf diese Weise lassen sich die Signale ohne weiteres Preprocessing in den Reglern verarbeiten. Weiterhin sind Parametrierung und Anschluss sehr einfach und die Klemmen zudem sehr kostengünstig.“

Ein entscheidender Vorteil des Steuerungssystems ist seine Industrietauglichkeit. Damit stellt es die ideale Basis dar, um weiter am eigentlichen Forschungsschwerpunkt – den Regelalgorithmen – arbeiten zu können. Dies bestätigt Dr.

Tobias Bruckmann: „Anstatt dezentraler Regler für Antriebe und Plattform, benötigen wir nur einen zentralen Echtzeit-PC mit breitem Datenbus. Und es spielt keine Rolle, ob wir Messwerte nur einen Meter weit oder zwanzig Meter bis zur Plattform übertragen müssen. Bei früheren Prototypen waren gerade die Datenerfassung und die Motoransteuerung über große Distanzen ziemlich aufwändig. Wir waren überrascht, wie einfach die Inbetriebnahme nun bei unserem neuen, großen Prototyp war.“ Und ein weiterer Faktor komme hinzu: „Die Beckhoff-Technik bietet auch im Hinblick auf die praktische Anwendung, also die Serienfertigung, eine große Rolle. Denn einerseits können wir die gewohnte Matlab®/Simulink®-Welt nutzen, andererseits stehen dem Anwender uneingeschränkt seine IEC-61131-3-Sprachen zur Verfügung. Dank dieser Durchgängigkeit muss im späteren Praxisbetrieb, beispielsweise für das Ergänzen der Sicherheitsfunktionalität, kein zweites Steuerungssystem eingebunden werden.“

Offenheit von TwinCAT 3 als Meilenstein für die Entwicklung

Als großer Meilenstein sehen die Forscher die einfache Kopplung von Matlab®/Simulink® mit TwinCAT 3, denn erst damit konnten sie aus ihrem wissenschaftlichen Arbeitsfeld heraus ganz einfach auf ein industrietaugliches System zugreifen. Zudem ließ sich mit TwinCAT 3 und EtherCAT die ganze Hardwareebene sehr einfach strukturiert und modular aufbauen. Dazu erläutert Christian Sturm: „Alle am EtherCAT-System hängenden Komponenten werden als Hardwareabbild unter TwinCAT 3 dargestellt, sodass sich sämtliche Teilnehmer ohne großen Aufwand über die Kommunikation mit unserem Softwaremodul zur Steuerung koppeln lassen. Außerdem kann das System, dank der EtherCAT-Basis, einfach



und vor allen Dingen kostengünstig, z. B. mit weiteren I/O-Modulen, ausgebaut werden – verglichen mit unseren herkömmlichen Systemen zu einem Bruchteil der Kosten.“

Potenzial für zukünftige Weiterentwicklungen bietet TwinCAT 3 ebenfalls. So ist die Unterstützung der Multicore-Technologie insbesondere im Hinblick auf die industrielle Anwendung von Bedeutung, da sich hierfür notwendige Aufgaben, wie die Lagerverwaltung und Sicherheitskonzeption, bei Bedarf einfach auf eigene Prozesskerne auslagern lassen. Hinzu kommt die Offenheit durch die Einbindung in Visual Studio®, was aus Sicht von Dr. Tobias Bruckmann sehr reizvoll ist. Die akademischen Anwender würden bereitwillig diese neue Programmier-technik nutzen, um ein komplettes Projekt von der Echtzeitprogrammierung bis hin zur Visualisierung in Visual Studio® zu erstellen. Der nächste Schritt für das Projekt Seilroboter sei es, auch in C/C++ geschriebene Softwareblöcke zu integrieren und so auf andere Hardwareschnittstellen – beispielsweise eines Kamerasystems – zugreifen zu können.

Dr. Tobias Bruckmann und Christian Sturm sehen zwei große Stärken, die TwinCAT 3 auszeichnen: Die Matlab®/Simulink®-Modelle können auf einer leistungsfähigen und auch für ausgedehnte Anlagen geeigneten Industriehardware ablaufen. Zudem lässt sich die Hardware einfach und flexibel aus kostengünstigen Modulen aufbauen.

weitere Infos unter:

www.uni-due.de/mechatronik

www.beckhoff.de/TwinCAT3