



Kinetic Rain

Ein kinetisches Kunstwerk zum Staunen

Dipl.-Ing. Günther Konecny

Im Sport gibt es ein klares Ziel: „Höher – schneller – weiter“ und dieses Leitmotiv hat nunmehr auch den künstlerisch-technischen Bereich erfasst, sodass man sich bald die Frage stellen muss: Wo sind die Grenzen des Machbaren? Angeregt zu dieser Fragestellung wird man am Changi Airport in Singapur. Dort gibt es im Terminal 1 ein Kunstwerk zu bestaunen, bei dem in einer perfekten Symbiose von Technik und Kunst nicht weniger als 1.216 (!) Servoachsen von Stellmotoren durch das Echtzeit-Ethernet-System EtherCAT synchron gesteuert werden. Es ist die wohl weltweit größte kinetische Skulptur. Flugreisende und Flughafenbesucher, die das Terminal 1 des Changi Airports betreten, werden bei ihrem Gang durch die modernisierte Abfertigungshalle von dieser kinetischen Skulptur „Kinetic Rain“ unweigerlich in ihren Bann gezogen.

Das künstlerische Konzept der Installation und die computative Gestaltung der Choreografie stammen von der Berliner ART+COM AG. Diese erforscht schon seit geraumer Zeit in Zusammenarbeit von Mediengestaltern, Medienkünstlern, IT-Entwicklern, Technologen, Programmierern, Kommunikations- und Produktgestaltern, Wissenschaftlern, Ingenieuren und Projektmanagern die gestalterischen und technologischen Möglichkeiten des Mediums Computer und setzt sie praktisch in künstlerischen Installationen um. Mit der Gestaltung der raumgreifenden Installation

„Kinetic Rain“ wurde ART+COM von der Changi Airport Group Singapore im Zuge der Renovierung von Terminal 1 des Flughafens Singapur beauftragt. Ziel war es, ein identitätsstiftendes und kontemplatives Moment für die Abflughalle zu entwickeln, das im Kontrast zur hektischen Reiseatmosphäre steht. In Anspielung auf den tropischen Regen besteht die Installation aus 1.216 hochglänzenden, verkupferten Aluminiumtropfen. Diese hängen an dünnen Stahlseilen von der Decke und werden jeweils einzeln von einem kleinen Servomotor bewegt. Während einer 15 Minuten dauernden

Show formieren sich die 1.216 Tropfen zu 16 verschiedenen Schaubildern zum Thema Fliegen.

Die gesamte technische Umsetzung von „Kinetic Rain“, inklusive der Software, erfolgte durch die MKT AG. Diese in Olching in Deutschland ansässige Firma konzipiert, entwickelt und realisiert seit über 30 Jahren einzigartige Exponate und kinetische Installationen für Messen, Events, Museen und Showrooms. Renommierte Industrie- und Dienstleistungsunternehmen gehören ebenso zu den Auftraggebern, wie Kunst- und Kultureinrichtungen. MKT setzt auf

modernste Technologien, Interaktion und stringentes Design. Bei der Programmierung und Umsetzung der Steuerung erhielt das Unternehmen Unterstützung durch die Beckhoff Automation GmbH, die auf die Realisierung offener Automatisierungssysteme auf der Grundlage PC-basierter Steuerungstechnik spezialisiert ist. Das Produktspektrum umfasst die Hauptbereiche Industrie-PC, I/O- und Feldbuskomponenten, Antriebstechnik und Automatisierungssoftware. Für alle Bereiche stehen Produktlinien zur Verfügung, die als Einzelkomponenten oder im Verbund als ein vollständiges, aufeinander abgestimmtes Steuerungssystem fungieren. Die „New Automation Technology“ von Beckhoff steht für universelle und branchenunabhängige Steuerungs- und Automatisierungslösungen, die weltweit in den verschiedensten Anwendungen, von der CNC-gesteuerten Werkzeugmaschine bis zur intelligenten Gebäudesteuerung, zum Einsatz kommen.

Die Herausforderung, 1.216 Servoachsen synchron zu verfahren, wurde auf Basis von EtherCAT, TwinCAT und den kompakten Servodrives in Form einer Busklemme gelöst.

Die Echtzeit-Ethernet-Technologie EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) von Beckhoff ist gekennzeichnet durch überragende Performance (1.000 verteilte I/Os in 30µs), flexible Topologie und einfache Konfiguration. Mit EtherCAT kann die aufwändige Ethernet-Sterntopologie durch eine einfache Linien- oder Baumstruktur ersetzt werden – teure Infrastrukturkomponenten entfallen. Dabei können beliebige Ethernet-Geräte via Switch oder Switchport integriert werden. Insgesamt überspannt die Installation, die aus zwei zusammenhängenden Feldern von je 608 Tropfen besteht, eine Fläche von mehr als 75 Quadratmetern und bespielt eine Raumhöhe von über 7,3 Metern. Die Anforderungen an die Steuerung von „Kinetic Rain“ sind mit dem präzisen Verfahren von 1.216 Achsen außerordentlich hoch. Daneben waren hohe Verfügbarkeit, kompakte Bauform der Komponenten, sowie ein Austausch von Komponenten ohne Adressierung gefordert. Zu den vorrangigsten Auflagen gehörte auch, dass die Anlage 24 Stunden am Tag laufen muss. Selbst wenn eine einzelne Achse ausfällt, muss die Show weitergehen. Laut MKT war „Kinetic Rain“ das bisher anspruchsvollste Projekt dieser Art, welches von der Firma realisiert wurde. Mehr als 2.000 Ingenieurstunden wurden in dieses Projekt investiert. Eine besondere Herausforderung war nicht zuletzt auch der Transport der 30 Tonnen schweren, komplett fertig gestellten Installation nach Singapur.

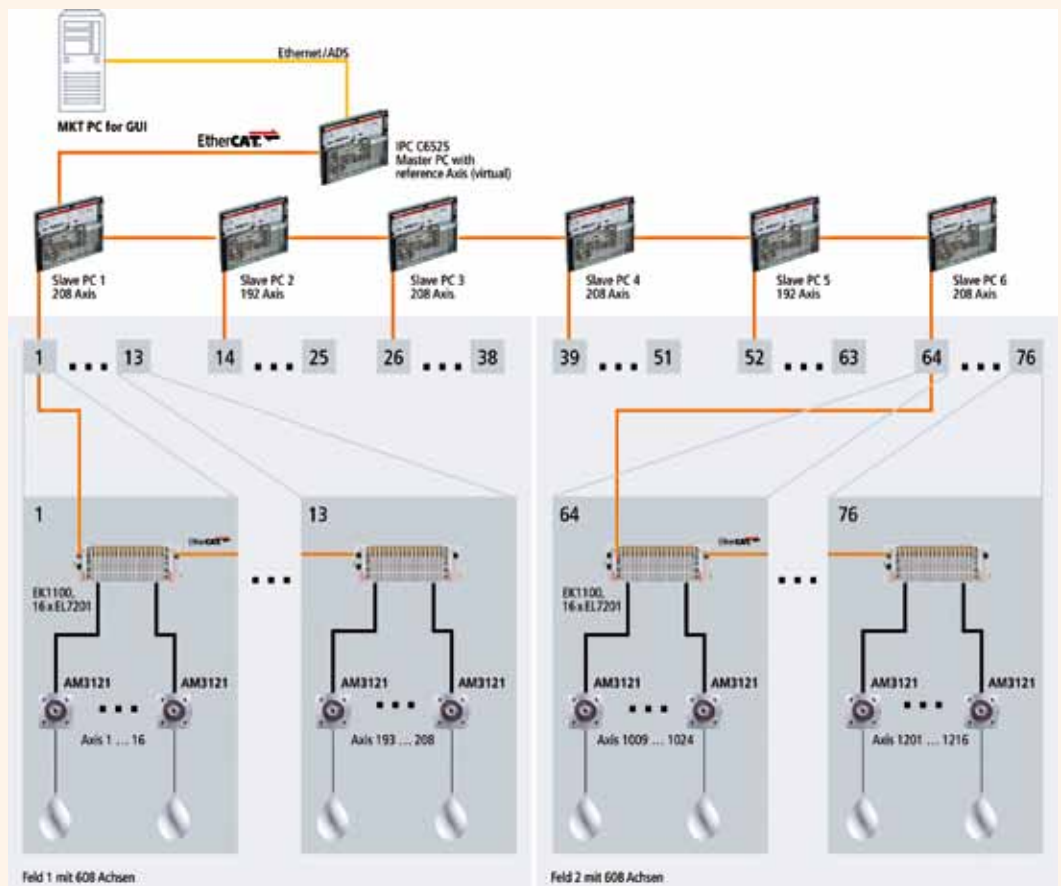
Wie steuert man 1.216 Achsen synchron?

„Das synchrone Verfahren von 1.216 Achsen gehört zu den absoluten Highlights dieses Projektes“, betont Raphik Shahriryan, Vertrieb Beckhoff-Niederlassung München, der die technische Umsetzung von „Kinetic Rain“ in enger Zusammenarbeit mit MKT betreut hat. Darüber hinaus waren hohe Anforderungen an die Dynamik, Präzision und Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe zu erfüllen.



Foto: MKT

Eine besondere Herausforderung war nicht zuletzt der Einbau der 30 Tonnen schweren, komplett fertig gestellten Installation in die gegebenen Baulichkeiten.



Grafik: Beckhoff

Das Steuerungssystem: Die zentrale Steuerung der 1.216 Achsen übernimmt ein Beckhoff Industrie-PC des Typs C6525 mit der Automatisierungssoftware TwinCAT NC PTP. Die Kommunikation mit dem GUI-Rechner von MKT erfolgt per ADS. Der C6525 agiert als Master und koordiniert die Verteilung der Positionsdaten an die sechs Slave-PCs, denen jeweils 192 bzw. 208 Achsen zugeordnet sind.

Die Tropfen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s und einer Beschleunigung von 1,4 m/s². Die Bewegung muss dynamisch sein, zugleich aber fließend und absolut ruckfrei erfolgen.

Die Lösung für diese Aufgabe fand MKT in der PC- und EtherCAT-basierten Beckhoff-Steuerungsplattform mit kompakter Servoantriebstechnik. Die Steuerung übernimmt ein zentraler Industrie-PC des Typs C6525. Dieser kommuniziert per TwinCAT ADS mit dem speziellen GUI-Rechner (engl. „Graphical User Interface“) von MKT. Gleichzeitig steuert der PC – per TwinCAT NC PTP – zentral die 1.216 Achsen und agiert als Master. Über die TwinCAT-Kurvenscheiben-Funktion koordiniert der Master-PC die Verteilung der Positionsdaten an die sechs Slave-PCs, denen jeweils 192 bzw. 208 Achsen zugeordnet sind, und sorgt unter Vorgabe einer Masterachse als Referenz für die Synchronität aller Achsen. Die Kommunikation erfolgt in Echtzeit über EtherCAT bis in die Antriebe.

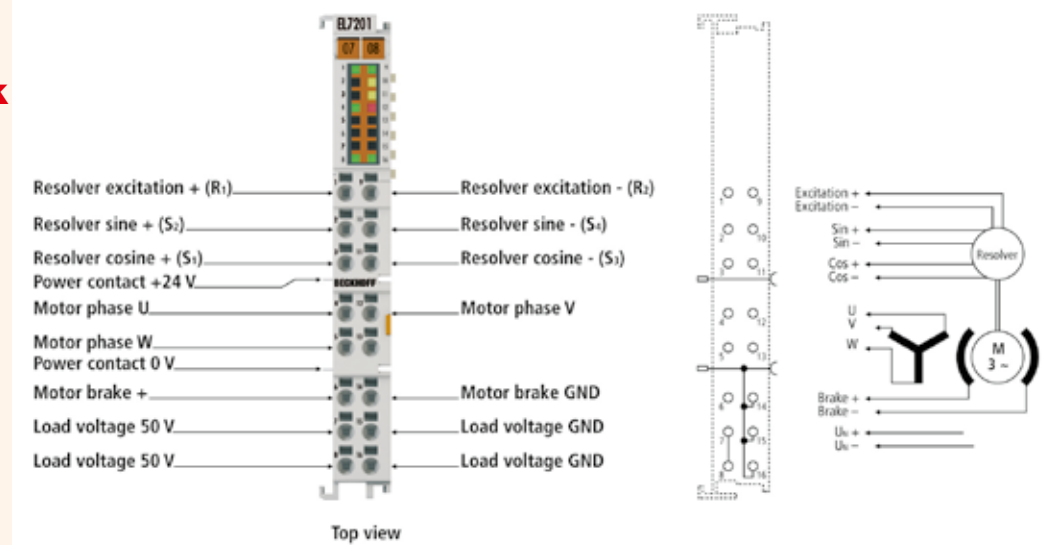
TwinCAT NC PTP (von Beckhoff) – Achspositionierung Punkt-zu-Punkt

Lageregelung mit dem PC:

TwinCAT NC PTP besitzt eine Achspositionierung (Sollwertgenerierung, Lageregelung), eine integrierte Software-SPS mit NC-Schnittstelle, Bedienprogramme zur Inbetriebnahme und eine I/O-Anbindung der Achsen über verschiedenste Feldbusse: TwinCAT NC PTP substituiert herkömmliche Positionierbaugruppen und NC-Steuerungen.

NC-PTP-Software auf dem PC:

Der Lageregler wird in der Regel auf dem PC-Prozessor gerechnet und tauscht zyklisch Daten über den Feldbus mit Antrieben und Messsystemen aus. Die PC-Leistung erlaubt es, parallel zur SPS-Funktion Achsen



Die Servomotor-EtherCAT-Klemme EL7201 von Beckhoff, mit integriertem Resolverinterface, bietet hohe Servo-Performance in sehr kompakter Bauform. Zahlreiche Überwachungen, wie der Über- und Unterspannung, des Überstroms, der Klemmentemperatur oder der Motorauslastung, über die Berechnung eines I²T-Modells, bieten ein Höchstmaß an Betriebssicherheit. 16 LEDs zeigen Status-, Warn- und Fehlermeldungen sowie eventuell aktive Limitierungen an.

zu bewegen: Mit der Leistung eines PCs können leicht einige Dutzend Achsen gleichzeitig positioniert werden.

Achsstruktur:

TwinCAT NC PTP führt Achsen mittels Variablen. Jede Achse erhält Variablen für Encoder, Antrieb und Regler. Die Achse kann mit I/O-Schnittstellen verknüpft, Parameter können eingestellt werden.

Der GUI-Rechner von MKT dient zur Visualisierung, beinhaltet aber auch die Show in Form einer Tabelle, welche pro Tropfen, in Zeitabständen von 200 ms, Positionsdaten hinterlegt hat. Dies entspricht fünf Bildern pro Sekunde. Eine vom menschlichen Auge wahrnehmbare fließende, ruckfreie Bewegung entsteht erst durch die Interpolation in TwinCAT NC PTP. Hier werden jeweils 100 Zwischenpositionen pro Tropfen in einer 2-ms-NC-Task berechnet. Diese Berechnungen erfolgen auf jedem Slave-PC für die ihm zugeordneten lokalen Achsen.

Die künstlerische Intention, die synchron bewegten Tropfen wie eine Art 3-D-Film ablaufen zu lassen, ist nur durch die Nutzung von EtherCAT und TwinCAT NC PTP möglich. Während der Master alle Achsen synchron zueinander hält, berechnen die Slave-PCs alle 2 ms die Positionen der ihnen zugeordneten Achsen und kommunizieren sie über EtherCAT in Echtzeit an die Servoantriebe.



Mit den Beckhoff-Servoklemmen, die sich nahtlos in den EtherCAT-Klemmenstrang einreihen, und den kompakten Servomotoren AM3121 fand MKT eine kompakte Antriebslösung, die dem knapp bemessenen Einbauraum in der Decke des Flughafenterminals perfekt entspricht.

Grafik: Beckhoff

Foto: MKT

Kompakter Servodrive in 12-mm-Klemme

Die Verfahrengenauigkeit der einzelnen Achsen ist äußerst präzise und liegt bei der gegebenen Gesamtlänge von 7,6 m bei 1 mm. Der maximale Versatz zwischen zwei Tropfen beträgt 0,25 mm. Jeder Tropfen wird über eine EtherCAT-Servomotorklemme EL7201 und einen Servomotor des Typs AM3121 angesteuert. Mit den Servoklemmen, die sich nahtlos in den EtherCAT-Klemmenstrang einreihen, war eine äußerst kompakte Lösung möglich, die den baulichen Voraussetzungen, mit begrenztem Einbauraum in der Decke des Gebäudes, perfekt entsprach. Die Servoantriebstechnik bietet außerdem Dynamikvorteile

und erlaubt die gewünschten fließenden Übergänge.

Modularität der Steuerung vereinfachte die Inbetriebnahme

„Wichtig war für uns auch die Modularität der Steuerungslösung und die Tatsache, dass eine einzelne Achse ohne Adressierung getauscht werden kann. Das ermöglichte zum Beispiel eine Teilinbetriebnahme, d. h. wir konnten parallel an Software, Hardware und Mechanik arbeiten, wodurch wir den engen Zeitrahmen, den wir für dieses Projekt hatten, einhalten konnten“, hebt Peter Haschkamp (Vorstandsmitglied von MKT) hervor. Mit TwinCAT NC PTP ist es außerdem möglich, die ganze

Show zu „joggen“, d. h. man kann, wie bei einem Film, vor und zurückspulen. Das hat die Inbetriebnahme für MKT ebenfalls sehr vereinfacht. Wenn eine einzelne Passage des Ablaufs noch nicht zu 100 Prozent zufriedenstellend war, konnten die Ingenieure von MKT

diese immer wiederholen. Ein großer Vorteil, wie Peter Haschkamp betont: „Bei anderen Lösungen ist dies nicht möglich, sondern man ist gezwungen, die Show immer wieder von Beginn an bis an die gewünschte Position laufen lassen, was sehr zeitintensiv ist.“

MKT-AG

Industriestraße 1
 82140 Olching
 Deutschland
 Tel.: +49 (0)8142 652550
www.mkt-ag.de

ART+COM AG

Kleiststraße 23–26
 10787 Berlin
 Deutschland
 Tel.: +49 30 21001-0
www.artcom.de

BECKHOFF AUTOMATION ÖSTERREICH

Hauptstraße 4
 6706 Bürs
 Österreich
 Tel.: + 43 (0)5552 68813-0
www.beckhoff.at/Stage



Ansprechpartner:
 Herr Christian
 Pillwein

Changi Airport

