

„Breaking the Surface“ Eine kinetische Installation

EtherCAT synchronisiert 529 Achsen eines virtuellen Ozeans

Michel Matuschke (Text), Beckhoff Automation (Fotos, wenn nicht anders angegeben)

Anlässlich seines 10-jährigen Firmenjubiläums hatte sich der norwegische Ölkonzern Lundin Norway etwas ganz Besonderes einfallen lassen: Auf der ONS Energy Convention, der weltgrößten Offshore-Energie-Messe in Stavanger, sorgte das Unternehmen mit einer kinetischen Installation für Aufsehen. Sie zog nicht nur viele Besucher auf den Lundin-Messestand, auch Kronprinz Haakon von Norwegen, der den Ölförderkonzern auf seinem Eröffnungsrundgang über die Messe besuchte, zeigte sich beeindruckt.

529 Plexiglasröhren werden fortlaufend so verfahren, dass sie den Wellengang des Ozeans simulieren und gleichzeitig die unablässige Suche nach Ölvorkommen auf dem norwegischen Kontinentalschelf symbolisieren. Und nicht nur das, die Installation interagiert auch mit dem Besucher. Ein künstlerisch ebenso wie mechanisch und steuerungstechnisch ausgesprochen komplexes und anspruchsvolles Projekt, für das das Unternehmen Beckhoff die Steuerungsplattform und Antriebe lieferte.

Das künstlerische Gesamtkonzept inklusive der Softwareprogrammierung der Installation „Breaking the Surface“ stammt von der „Scandinavian Design Group“ (SDG). Ziel war es, ein Kunstobjekt zu schaffen, das die Corporate Identity des Unternehmens „Lundin Norway“ zum Ausdruck bringt. Lundin ist mit der Entdeckung und der Förderung von Ölvorkommen auf dem norwegischen Kontinentalschelf befasst. Was lag also näher, als die abstrakte Darstellung einer submarinen Landschaft zu kreieren.

Die unterschiedliche Dichte von Gesteins-, Kies- und Sandschichten wurde durch eine Farbskala



Foto: Abida, James Fox, Norwegen

zwischen einem blassen Gelb und einem tiefen Orange visualisiert. Dazu färbten die Designer die Plexiglasröhren in einem hellen Orange ein. Die virtuellen Meereswogen, die sich vor den Augen des Betrachters dahinwälzen, sind daher nicht blau, sondern changieren, abhängig vom Betrachterstandpunkt, zwischen einem hellen und einem gesättigten Orange. Während die einzelne Röhre für eine Erkun-

dungsbohrung steht, ergibt sich durch die Gesamtheit der sich bewegenden, transparenten Röhren das Bild einer Landschaft mit felsenförmigen Formationen, das sich von der im ersten Stock der Installation gelegenen Betrachterebene entdecken lässt. Beim Betreten der Installation öffnet sich der virtuelle Ozean, d. h. die Röhren werden an eine sichere Position hochgefahren und lassen die Person quasi „eintauchen“.

Mit dieser Interaktion spielen die Künstler bewusst auf die Entdeckung von Ölvorkommen auf dem Meeresgrund an.

Kunst und Technik gehen Hand in Hand

Die Mechanik und die Tragekonstruktion der kinetischen Installation lieferte das norwegische Maschinenbauunternehmen Intek Engineering. Sie besteht aus

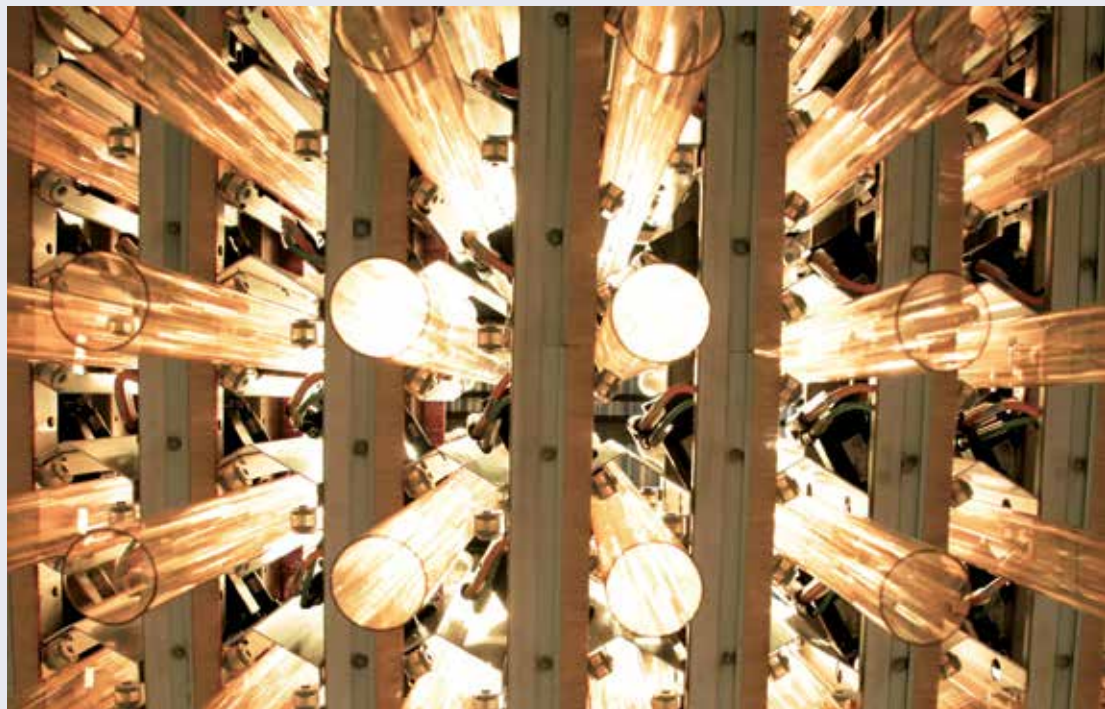
einem Gerüst aus 23 Stahlträgern, das in der Decke zwischen zwei Geschoßebenen untergebracht ist. Bei einem Gewicht von gut fünf Tonnen, verteilt auf eine Fläche von 25 m², stellte die bauliche Umsetzung eine große Herausforderung dar.

Jeder Stahlträger ist mit 23 wabenförmigen Edelstahlgehäusen bestückt, in denen auf engstem Raum jeweils eine Plexiglasröhre, ein Beckhoff-Servomotor AM8121, ein Antriebsrad und sechs Stützräder zur Führung sowie ein kapazitiver Sensor zur Positionskompensation untergebracht sind. Die Tatsache, dass im Auge des Betrachters das 3-D-Bild einer Wellenbewegung entsteht, beruht nämlich auf einer ausgeklügelten Relation von Geschwindigkeit, Röhrendurchmesser sowie dem Abstand der Röhren zueinander, die mechanisch umzusetzen war. In Summe wurden hier 529 Servomotoren verbaut.

Die dazugehörige Steuerungselektronik befindet sich an den beiden Enden der Tragekonstruktion und besteht aus je einem EtherCAT-Koppler EK1100, den digitalen Eingangsklemmen (die digitalen Eingangsklemmen erfassen die binären Steuersignale aus der Prozessebene und transportieren sie galvanisch getrennt zum übergeordneten Automatisierungsgerät), den Servoklemmen zur Ansteuerung der Servomotoren (die Servoklemme für das Beckhoff EtherCAT-Klemmensystem integriert in ihrem Standardklemmengehäuse einen vollständigen Servoverstärker für Servomotoren) und den Puffer-Kondensator-Klemmen zur Stabilisierung der Versorgungsspannung. Insgesamt waren dabei 10.200 Anschlusspunkte zu verarbeiten. Dies stellte sowohl mechanisch als auch hinsichtlich der Steuerungselektronik eine große Herausforderung dar. Die Kompaktheit der Steuerungs- und Antriebsmodule, vor allem der Servoverstärker im 12-mm-Klemmengehäuse lieferte überhaupt erst die Möglichkeit für die technische Umsetzung des künstlerischen Konzepts.



Die kompakte Elektronik zur Ansteuerung der 529 Plexiglasröhren ist an den beiden Enden der Tragekonstruktion eingebaut und besteht aus je einem EtherCAT-Koppler EK1100, den digitalen Eingangsklemmen, den Servoklemmen und den Puffer-Kondensator-Klemmen



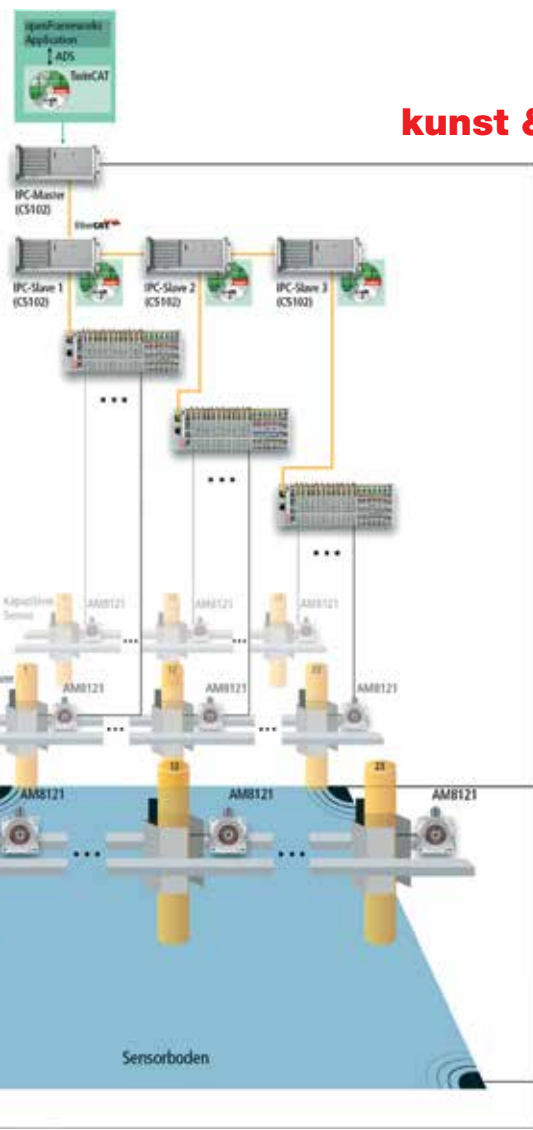
Zur Bewegung der Plexiglasröhren wurden insgesamt 529 Servomotoren AM8121 und 529 Servoklemmen EL7201 verbaut; deutlich zu erkennen die wabenförmigen Gehäuse und die Stützräder für die Röhren

Das Steuerungssystem umfasst drei Hauptelemente

- die Sensor- und Aktorebene, bestehend aus den EtherCAT-Klemmen und speziellen Sensoren für die Sicherheit
- die SPS-Ebene, basierend auf vier Industrie-PCs C5102
- die übergeordnete Anwendungsebene.

Die überlagerte SPS-Ebene besteht aus vier auf TwinCAT 3 und EtherCAT basierenden PC-Steuerungen des Typs C5102: Dabei fungiert eine SPS als Datenübermittlungs- und Synchronisierungsebene zwischen der openFrameworks-Application-App und den drei untergeordneten SPSen, die jeweils für die Ansteuerung eines Drittels der Servoachsen zuständig sind. Die SPSen erledigen den größten Teil der „schweren Hebung“, indem sie kontinuierlich die Geschwindigkeit, die Beschleunigung, die Verzögerung und die Abbremsung jeder Servo-Einheit auf der Grundlage der von der übergeordneten Anwendung vorgegebenen Position anpassen. Darüber hinaus verwalten diese SPSen die Kalibrierung, die Positionskompensation, sowie die Geschwindigkeit und die Drehmomentüberwachung.

Software = 
Hardware = 



23 Röhren,
auf 23 Tragekonstruk-
tionen angebracht =
529 Röhren insgesamt

Tragekonstruktion 23

Das Steuerungssystem mit den drei Hauptelementen

TwinCAT 3

Mit der Markteinführung der PC-basierten Steuerungstechnik hat das Unternehmen Beckhoff 1986 einen weltweiten Standard für die Automatisierung geschaffen. Softwareseitig ist die Automatisierungssuite TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) das Herzstück der Steuerung. Das TwinCAT-Softwaresystem verwandelt nahezu jedes PC-basierte System in eine Echtzeitsteuerung mit mehreren SPS-, NC-, CNC- und/oder Robotik-Laufzeitsystemen.

Interaktion mit dem Menschen

Um die Interaktion zwischen Mensch und kinetischer Skulptur zu realisieren, wurden zwei sich überlappende Sensordatenebenen installiert: ein 40 m² großer kapazitiver Sensorboden unter dem Parkettfußboden und vier am Boden in jeder Raumecke installierte K4W-Sensoren (Tiefenkameras).

Die übergeordnete Steuerungsanwendung wurde in openFrameworks entwickelt. Sie umfasst ein Echtzeitmodell der Umgebung auf Basis der vom Sensorboden und den Bewegungssensoren bereitgestellten Daten, auf dessen Grundlage ein Bewegungsschema zur Simulation der Wellenbewegung erzeugt wird. Die Punkt-zu-Punkt-Achsenpositioniersoftware berechnet – in Verbindung mit dem schnellen EtherCAT-Bussystem und den Servoklemmen – die Position für jede einzelne Röhre in einer Zykluszeit von 1 ms, sodass eine interpolierende Bewegung entsteht, die der Betrachter optisch als natürliche Wellenbewegung wahrnimmt. Melden die Sensoren eine Bewegung, das heißt, betritt eine Person den „Ozean“, so werden die Achsenpositionen der „Wellenbewegung“ überschrieben und die Positionen der nächstliegenden Röhren so angepasst, dass sich eine schützende Kuppel über der Person bildet, die sich mit ihr durch den Raum

bewegt. Ein Metallring, der an der Innenseite jeder Röhre angebracht ist, übermittelt ein Referenzsignal, wenn er den kapazitiven Sensor in der Antriebseinheit passiert. Auf diese Weise ist man in der Lage, den Algorithmus für die Positionsanpassung, mit dem die exakte Position der Röhren jederzeit bestimmt werden kann, einfach und zuverlässig zu überprüfen.

Fasziniert bewegen sich die Besucher durch die virtuellen Meereswogen. Bewegungsmelder im Fußboden melden das Betreten der Installation und die Röhren fahren in eine sichere Position



Sichere Steuerung des virtuellen Ozeans

Dem Sicherheitsaspekt wurde bei der Konzeption der Installation und ihrer technischen Umsetzung von Anfang an sehr viel Aufmerksamkeit geschenkt, sowohl was die mechanische Konstruktion angeht, als auch in Hinblick auf die Elektrik und die Sensorik. Bereits die Entscheidung für Plexiglasröhren basierte auf einem durchdachten Konzept, das von vornherein jegliche Verletzungsgefahr ausschließen sollte: Plexiglas ist leicht, und die Kanten der Rohröffnungen ließen sich abrunden. Die Sensorebene im Fußboden beruht auf einer anspruchsvollen Abtastung auf engstem Raum, inklusive einer Redundanz, damit keine Blindstellen möglich sind. Ziel des Sicherheitskonzepts war es, die Installation von vornherein so sicher zu machen, dass Sicherheitsvorkehrungen, die den Zugang und die Ästhetik dieser Installation entscheidend beeinträchtigt hätten, nicht zur Anwendung gebracht werden mussten. Dennoch gewährleistet dieses Konzept die sichere Interaktion zwischen der Technik und dem Menschen.

An Hand dieses Beispiels sollte gezeigt werden, welche komplexen Bewegungsabläufe durch die hohe Rechnerleistung der heutigen Prozessoren realisierbar sind. Solch eine hoch skalierbare und flexible Motion-Control-Plattform für Systemintegratoren bietet der Automatisierungsspezialist Beckhoff Automation GmbH & Co. KG.