

**BECKHOFF** New Automation Technology

Effizient, flexibel, sicher:  
PC-based Control  
für die Wasserstoffindustrie



H<sub>2</sub>



# Durchgängige Automatisierung für die Wasserstoffindustrie

Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft und spielt eine zentrale Rolle bei der Energiewende: Die Erzeugung und Verwendung von grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen ist eine der Schlüsselmaßnahmen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energie- und Verkehrssektor. Aus Wind-, Wasser- oder Solarenergie erzeugter Strom wird über Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt, welcher in Tanks gespeichert und mithilfe von LKWs, Schiffen oder Pipelines transportiert werden kann. Eingesetzt wird Wasserstoff sowohl im Bereich der CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität, z. B. in Brennstoffzellenfahrzeugen, als auch

in der Chemieindustrie, bei der Stahlproduktion oder in Kraftwerken, wo eine erneute Umwandlung in Strom stattfindet. Entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette – von der Erzeugung, über den Transport bis hin zum Verbrauch und der Rückverstromung – muss dabei eine Vielzahl von unterschiedlichen Prozessschritten automatisiert werden. Mit PC-based Control bietet Beckhoff passende Automatisierungslösungen zur durchgängigen und sicheren Steuerung aller Prozesse in der Wasserstoffindustrie.

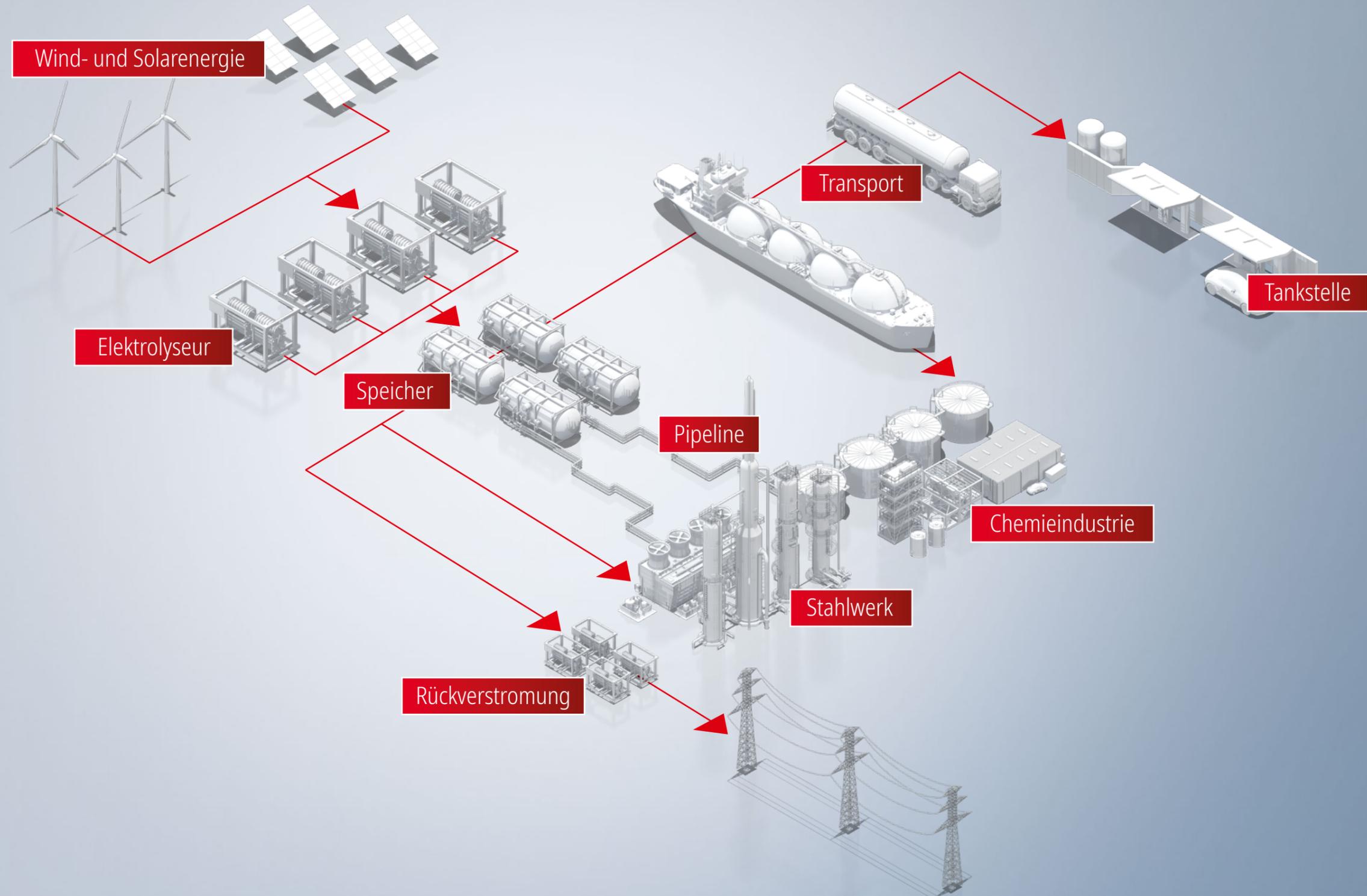
Als erfahrener Partner der Wind- und Solarindustrie agieren wir schon am Anfang der

Wasserstoff-Wertschöpfungskette, der regenerativen Energieerzeugung. Mehr als 100.000 Windkraftanlagen wurden bereits mit unserer offenen PC-basierten Steuerungstechnik automatisiert. Außerdem wird ein Großteil der weltweit installierten Solarpanels mit Hilfe von Beckhoff Technologie produziert. Darüber hinaus verfügen wir über langjährige Erfahrung in der Prozesstechnik sowie in der Automatisierung explosionsgefährdeter Applikationen. Da es sich bei Wasserstoff um ein leicht entzündliches Gas handelt, müssen bei allen Prozessschritten, wie Transport oder Lagerung, die Anforderungen an

den Explosionsschutz berücksichtigt werden. Auch bei der Verwendung von Wasserstoff, z. B. als Brennstoff für Fahrzeuge, in Brennstoffzellen oder Blockheizkraftwerken, ist Beckhoff Technik bereits in vielen Applikationen erfolgreich vertreten. Zukünftig wird Wasserstoff als nachhaltige Alternative zu fossilen Rohstoffen in weiteren Bereichen Anwendung finden: bei der Methanisierung und der Erzeugung von Ammoniak, bei der Produktion von E-Fuels und im Rahmen zahlreicher anderer Technologien, an denen derzeit noch geforscht wird. Auch hier kommt PC-based Control zum Einsatz und

trägt so dazu bei, dass mit der Verwendung von grünem Wasserstoff in unterschiedlichen Bereichen CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden können.

► [www.beckhoff.com/hydrogen](http://www.beckhoff.com/hydrogen)



# Das Beckhoff System: modulare und skalierbare Steuerungstechnik

Mit PC-basierter Steuerungstechnik realisiert Beckhoff seit mehr als 40 Jahren offene und flexible Automatisierungssysteme in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen. Durch die konsequente Bündelung der Steuerungszintelligenz in der Software und die Nutzung etablierter Standardtechnologien der IT- und Automatisierungswelt, vereint PC-based Control alle Funktionen, wie SPS, Motion Control, HMI und Messtechnik, in einem System.

Den Kern der PC-basierten Steuerung bildet ein leistungsfähiger Industrie-PC. Aus dem skalierbaren Industrie-PC-Portfolio von Beckhoff lässt sich für jede Anwendung eine hinsichtlich

Leistung und Bauform perfekt zugeschnittene Hardware-Lösung zusammenstellen. Dabei sind die Industrie-PCs für vielfältige Einsatzzwecke geeignet: als zentrales oder dezentrales Element der Anlagenautomation, als HMI im Feld oder als Edge Device für IoT-Szenarien. Die Ultra-Kompakt-Industrie-PCs bieten hohe Rechenleistung bei kleinem Formfaktor, sodass die genannten Anwendungsszenarien platzsparend umgesetzt werden können. Panels und Panel-PCs ermöglichen die Visualisierung und Bedienung direkt an der Anlage. Die Embedded-PCs oder Feldbuskopppler mit der modularen I/O-Ebene erlauben die direkte Anreihung von Klemmen aus dem Beckhoff

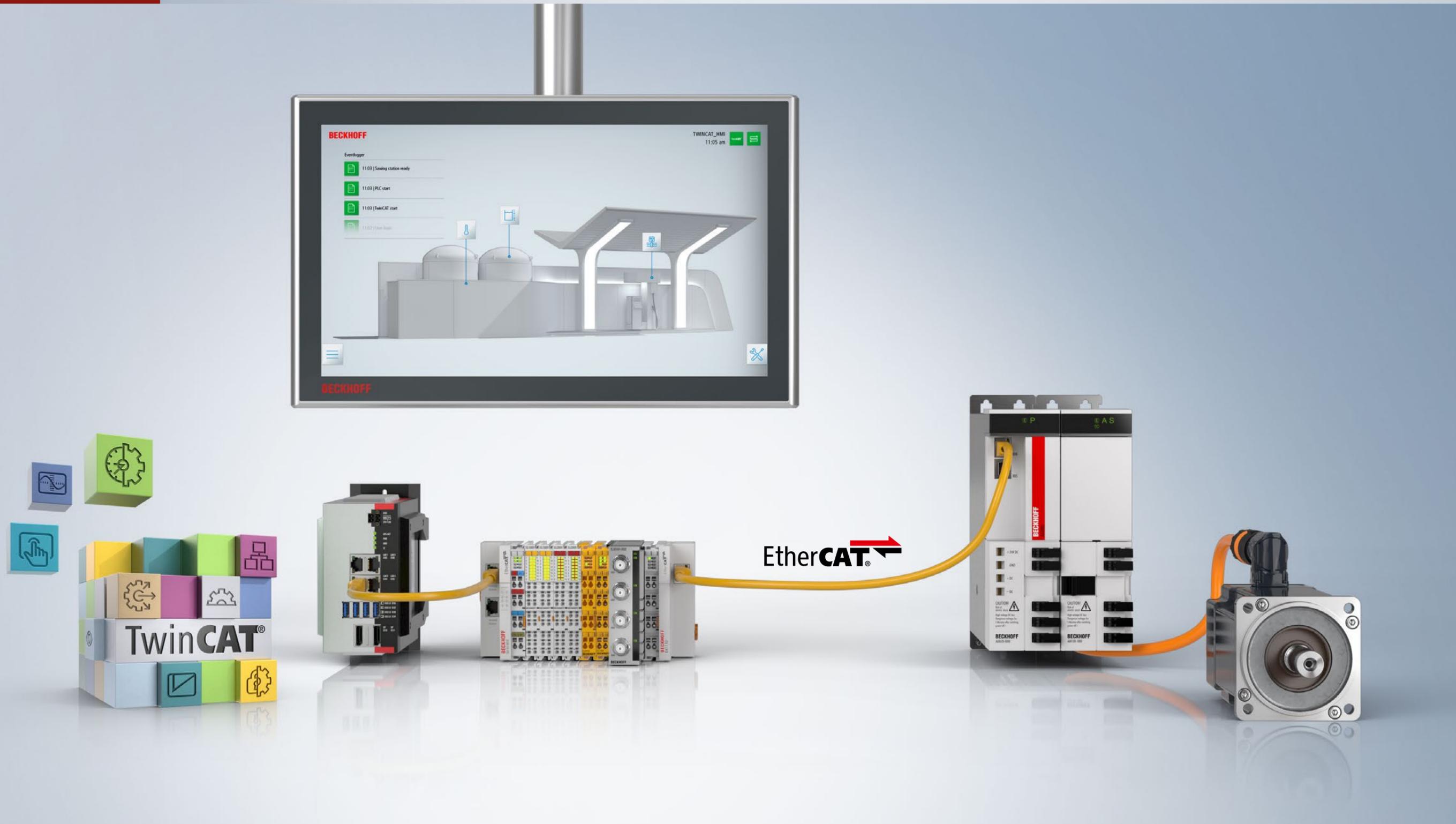
I/O-Sortiment, sodass Sensoren und Aktoren problemlos an das Steuerungssystem angebunden werden können. Die digitale und analoge Signalvielfalt des umfassenden I/O-Portfolios vereinfacht zudem die kostengünstige Systemintegration aller Funktionalitäten – von der Messtechnik bis hin zur anwendungsspezifischen Safety-Lösung. Mit zahlreichen Zertifizierungen gemäß ATEX, IECEx und NEC/CEC können I/O-Komponenten sowie Embedded- und Panel-PCs außerdem in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 2 und Class I Div. 2 eingesetzt werden.

Mit der Automatisierungssoftware TwinCAT bieten wir eine zentrale Engineering- und Steue-

rungsplattform. Neben klassischen SPS-Abläufen kann TwinCAT außerdem um zahlreiche Funktionen, wie die Anlagensvisualisierung, die sichere Cloud-Anbindung über TwinCAT IoT oder die Nutzung von Analysefunktionen über TwinCAT Analytics, erweitert werden. Mit unserer Antriebstechnik und dem Motion-Control-System der Automatisierungssoftware TwinCAT können außerdem vollständige Antriebssysteme realisiert werden. Die Servoverstärker reduzieren in Verbindung mit den Servomotoren, welche über die One Cable Technology verfügen, den Installationsaufwand im Vergleich zur konventionellen

2-Kabel-Verdrahtung. Mit Power- und Feedbacksystem in einer Standard-Motorleitung können Material- und Inbetriebnahmekosten erheblich gesenkt werden.

Die systemintegrierte Lösung von Beckhoff bietet eine effiziente Alternative zu traditionellen Ansätzen und eignet sich optimal für den Einsatz in der Wasserstoffindustrie. Mit PC-based Control lassen sich Maschinen und Anlagen entlang der kompletten Wasserstoff-Wertschöpfungskette von der Herstellung über den Transport bis zur Tankstation vollumfänglich automatisieren.



# Effiziente Automatisierung optimiert Elektrolyseure

Da Wasserstoff zunehmend als Energieträger oder Rohstoff in der chemischen Industrie eingesetzt wird, steigt die Nachfrage kontinuierlich. Dieser Bedarf wird aktuell jedoch größtenteils durch grauen Wasserstoff, der aus fossilen Kohlenwasserstoffen wie Erdgas hergestellt wird, gestillt. So kann Wasserstoff zwar kostengünstig erzeugt werden, verursacht aber hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Daher wird der Aufbau von industriellen Anlagen zur Herstellung von grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen wie Solar- oder Windenergie immer wichtiger, um CO<sub>2</sub>-Emissionen langfristig zu reduzieren.

Damit Wasserstoff CO<sub>2</sub>-neutral hergestellt werden kann, bedarf es dem elektrochemischen Prozess der Elektrolyse, bei dem Wasser mit Hilfe elektrischer Energie in die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird. Dazu besteht ein Elektrolyseur aus einer Kathode und einer Anode, welche durch eine teildurchlässige Membran räumlich voneinander getrennt sind und mit Wasser in Kontakt gebracht werden. Sobald zwischen Kathode und Anode eine elektrische Spannung angelegt wird, fließt ein Strom und das Wasser wird aufgespalten: An der Anode entsteht Sauerstoff, an der Kathode Wasserstoff. Dieser kann anschließend der Elektrolysezelle entnommen und gespeichert werden.

Um die CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion von Wasserstoff so voranzutreiben, dass die steigende Nachfrage zunehmend durch grünen Wasserstoff gedeckt werden kann, sind innovative und effiziente Lösungen für den Elektrolyseprozess nötig. Viele Betriebsparameter müssen optimiert werden, um sowohl einen hohen Wirkungsgrad als auch die Sicherheit der Anlage zu gewährleisten. Hier bietet sich die PC-basierte Steuerungstechnik von Beckhoff zur Realisierung durchgängiger Steuerungskonzepte an: Mit PC-based Control kann der gesamte Elektrolyseprozess automatisiert und überwacht werden. Über einen leistungsstarken Embedded-PC der CX-Serie läuft die Steuerung

des Elektrolyseurs platzsparend lokal im Schaltschrank ab. Ein Control Panel ermöglicht zudem die Bedienung der Anlage und die Überwachung des Anlagenstatus im direkten Anlagenumfeld. An den Embedded-PC angelegte EtherCAT-Klemmen aus unserem großen I/O-Portfolio erfassen und verarbeiten sicherheitsrelevante Daten wie Temperatur und Druck. Die Signalübertragung erfolgt dabei standardmäßig über den echtzeitfähigen Feldbus EtherCAT – dank der Offenheit und Flexibilität des Beckhoff Systems können aber auch alle anderen gängigen Kommunikationsprotokolle eingebunden werden.

## Control Panels

Steuerung und Bedienung direkt im Feld – auch im explosionsgefährdeten Bereich



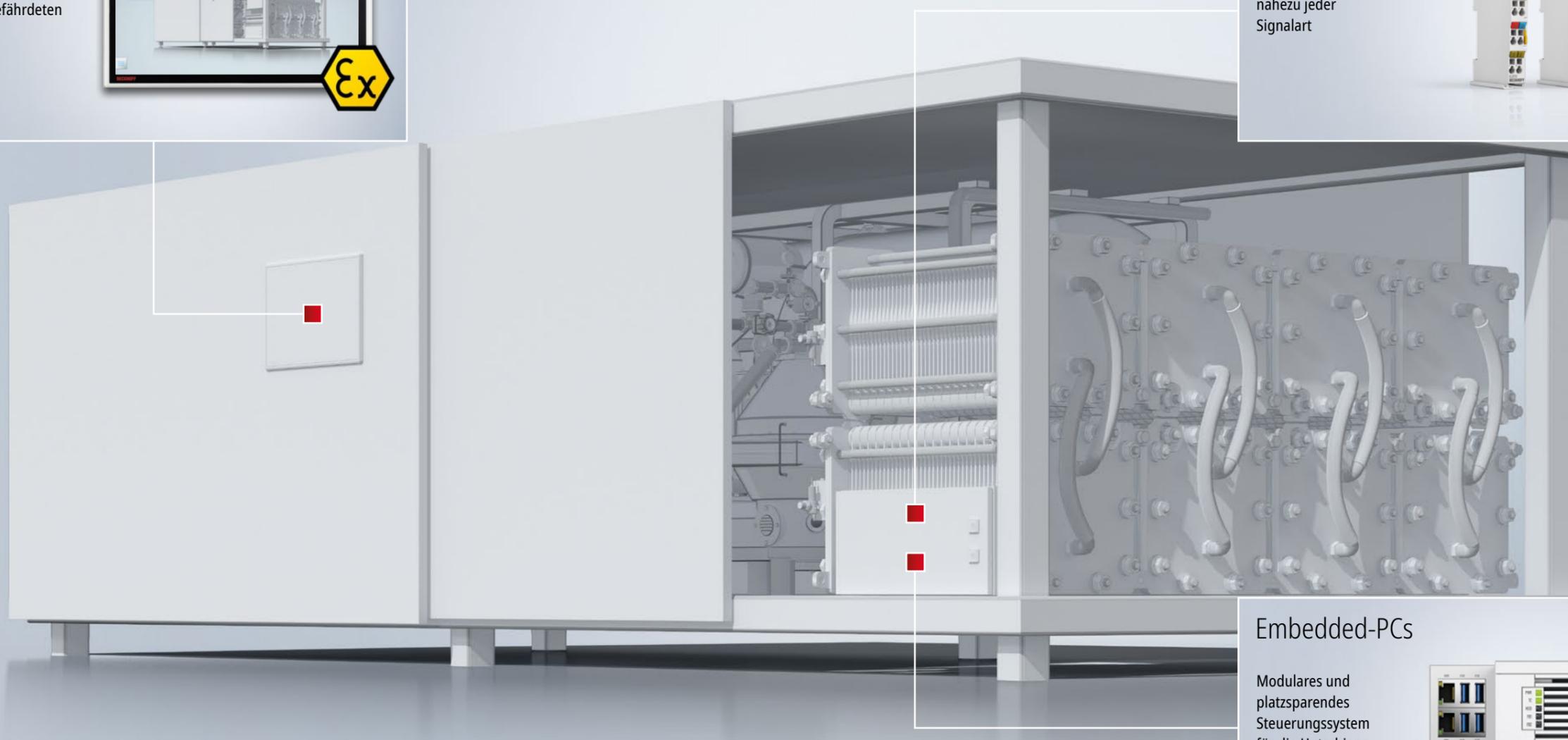
## EtherCAT-Klemmen

Breites I/O-Portfolio zur Erfassung nahezu jeder Signalart



## Embedded-PCs

Modulares und platzsparendes Steuerungssystem für die Hutschiene



# Alle Signale in Echtzeit integriert: mit PC-based Control und EtherCAT

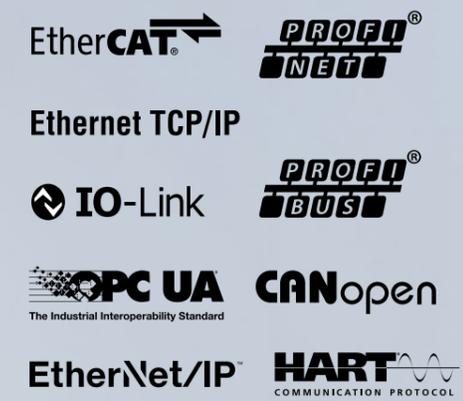
Mit dem Prinzip der PC-basierten Steuerungstechnik ermöglicht Beckhoff die Kombination unterschiedlichster I/O-Komponenten in einem System. So können EtherCAT-Klemmen zur Integration von funktionaler Sicherheit sowohl mit EtherCAT-Messtechnikklammern zur Präzisions- und Hochgeschwindigkeitsmessung als auch mit I/O-Modulen mit integrierter Trennbarriere zum Anschluss eigensicherer Feldgeräte aus dem Ex-Bereich frei kombiniert und in ein ganzheitliches Steuerungssystem eingebunden werden. Anlagenbetreibern in der Wasserstoffindustrie steht hiermit eine effiziente Komplettlösung für alle applikationsseitigen Anforderungen zur Verfügung.

Mit dem von uns entwickelten universell einsetzbaren und offenen Highspeed-Feldbus EtherCAT für SPS, Motion, I/O, Sensorik, Messtechnik und Sicherheitstechnik benötigen Anwender ebenfalls nur noch eine einzige Kommunikationstechnologie. Mit der Extended-Distance-Technologie vereinfacht EtherCAT außerdem die Datenerfassung in verteilten Arealen wie weitläufigen Energieparks, indem über Entfernungen bis zu 300 m kommuniziert werden kann. Für größere Distanzen stehen Lichtwellenleiter-Lösungen mit bis zu 100 km Übertragungslänge zur Verfügung. Um sicherzustellen, dass das Netzwerk oder Netzwerksegmente einer Wasserstoffanlage

immer erreichbar sind, wird mittels EtherCAT-Kabelredundanz eine fehlertolerante Ringtopologie aufgebaut. Darüber hinaus lässt sich mit dem EtherCAT-Diagnosekonzept eine durchgängige, lückenlose und schnelle Fehleridentifizierung realisieren. So werden Stillstandzeiten minimiert, der Wartungsaufwand reduziert und die Verfügbarkeit der Anlage erhöht.

Die Beckhoff Steuerungstechnik ist außerdem flexibel und offen hinsichtlich der Integration von 3<sup>rd</sup>-Party-EtherCAT-Geräten sowie der Einbindung anderer Feldbussysteme. Durch die Unterstützung der gängigen Kommunikationsprotokolle, wie EtherCAT, PROFINET, PROFIBUS, Modbus oder

EtherNet/IP, werden auch bei der Erneuerung und der Erweiterung von Bestandsanlagen die Vorteile von PC-based Control verfügbar. Die Anbindung kann je nach Anwendungsfall und Steuerungstopologie sowohl über entsprechende Feldbuskoppler als auch über Embedded-PCs erfolgen. Wasserstoffanlagen können so einfach aufgerüstet oder optimiert werden und Betreiber erhalten durch die Systemoffenheit auch für zukünftige Erweiterungen einen hohen Investitionsschutz.



**Feldbuskoppler**  
Anbindung von Sensorik und Aktorik – über EtherCAT oder alle anderen gängigen Kommunikationsprotokolle

**Safety**  
Integration von funktionaler Sicherheit in die Steuerung mit TwinSAFE und Safety-I/Os

**Messtechnik**  
ELM-Module im Metallgehäuse für Präzisions- und Hochgeschwindigkeitsmesstechnik

**Ex-Schutz**  
Hochkompakte I/O-Module mit integrierter Trennbarrieren für den direkten Anschluss eigensicherer Feldgeräte

# PC-based Control für den sicheren Wasserstoffspeicher und -transport

Zur Speicherung von Wasserstoff kommen hauptsächlich Flüssiggasspeicher und Druckgaspeicher zum Einsatz. In Flüssiggasspeichern wird der Wasserstoff stärker komprimiert und kann daher platzsparender und in größeren Mengen gespeichert werden. Für die Überwachung von Wasserstoffspeichern werden Druck, Temperatur oder die Grenzstände direkt am Medium erfasst. Da Wasserstoff ein leicht entzündliches Gas ist, das in Verbindung mit Sauerstoff eine explosionsfähige Atmosphäre bildet, müssen Anforderungen an den Explosionsschutz berücksichtigt werden. Mithilfe der eigensicheren Schnittstellen der ELX-Klemmen können diese Signale direkt

aus der Explosionsschutzzone 0 erfasst werden. Bei Bedarf ist die Signalverarbeitung gemäß den Anforderungen der funktionalen Sicherheit ebenfalls möglich. Transportiert wird Wasserstoff entweder in flüssigem oder gasförmigem Zustand. Im gasförmigen Zustand bietet sich besonders der Transport via Pipeline an, während der Transport im flüssigen Zustand meist über LKW, Bahn oder Schiff erfolgt. Für die Überwachung von Pipelines auf Leckagen werden in regelmäßigen Abständen Durchfluss, Temperatur und Druck vom Medium mithilfe von ELX-Klemmen erfasst und per

EtherCAT an ein Edge Device übertragen. Das Edge Device, zum Beispiel der Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6015, verarbeitet die erfassten Signale, um sie anschließend in die Cloud zu transferieren. Zur Anbindung des Edge Devices aus abgelegenen Standorten ist sowohl eine drahtlose Kommunikation über einen Beckhoff LTE-Stick als auch eine kabelgebundene Glasfaser-Lösung über Lichtwellenleiter realisierbar. Mit einem umfassenden Portfolio unterstützen wir Sie bei der Umsetzung ganzheitlicher Lösungen für den Explosionsschutz bis in Zone 0: EtherCAT-Klemmen für eigensichere Signalerfassung und funktionale Sicherheit, Control Panels

und Panel-PCs zur Anlagenvisualisierung sowie Embedded-PCs und Buskoppler für die einfache Integration in alle gängigen Feldbusysteme stehen zur Verfügung. Außerdem unterstützt TwinCAT die gängigsten Fernwirkprotokolle, beispielsweise die IEC 60850 und die IEC 61870, die durch Funktionsbibliotheken direkt in die Anlagensteuerung integriert werden. So können Sie mit Beckhoff auch komplexe Ex-Schutz-Applikationen in der Wasserstoffindustrie umsetzen.

## Edge Device

Steuerung mit integrierter Cloud-Anbindung über Ultra-Kompakt-Industrie-PCs der Serie C60xx



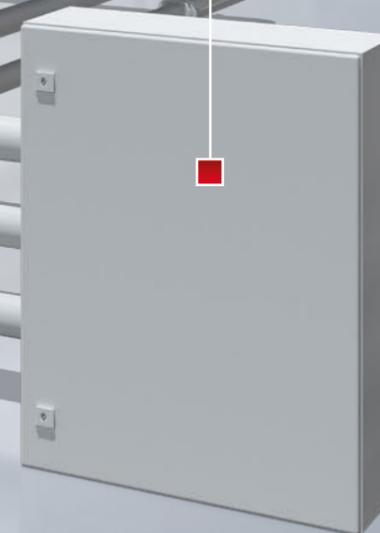
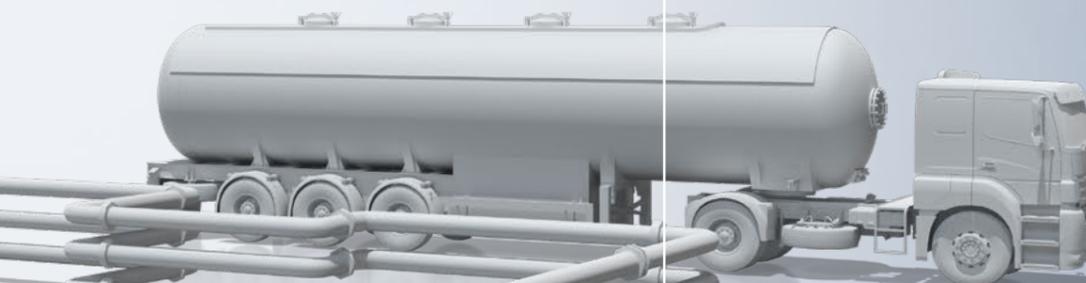
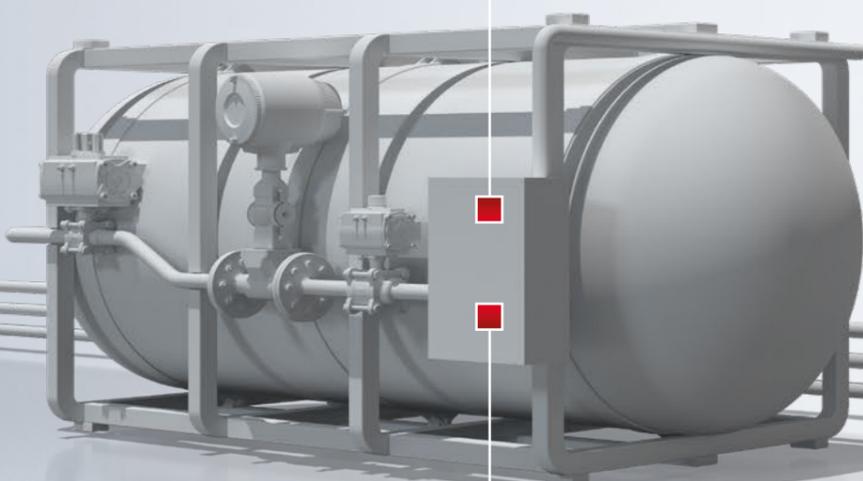
## Glasfaserkoppler

EtherCAT-Infrastrukturkomponenten mit LWL-Anschluss ermöglichen Kommunikation über bis zu 20 km



## ELX-Klemmen

Klemmen der ELX-Serie mit eigensicheren Schnittstellen für den Anschluss von Feldgeräten bis in Zone 0



# Systemintegrierte Sicherheit: Ex-Schutz und Safety

Den steigenden Anforderungen an die Prozesstechnik hinsichtlich der funktionalen Sicherheit begegnen wir mit der durchgängigen Integration der Sicherheitstechnik in das Automatisierungssystem. Kompakt und modular im Aufbau fügt sich die Sicherheitslösung TwinSAFE nahtlos in die Steuerungsplattform ein. Die Kommunikation über das integrierte Safety-Protokoll (Safety over EtherCAT) und die Modularität der sicherheitsgerichteten Steuerung bieten volle Flexibilität bei der Wahl der Topologie. Die Safety-I/Os bilden dabei die Schnittstelle zur sicherheitsrelevanten Sensorik und Aktorik. Durch ihre integrierte Logik lässt sich eine voll-

ständige Sicherheitssteuerung mit nur einer einzigen Komponente platzsparend in das EtherCAT-System einbinden.

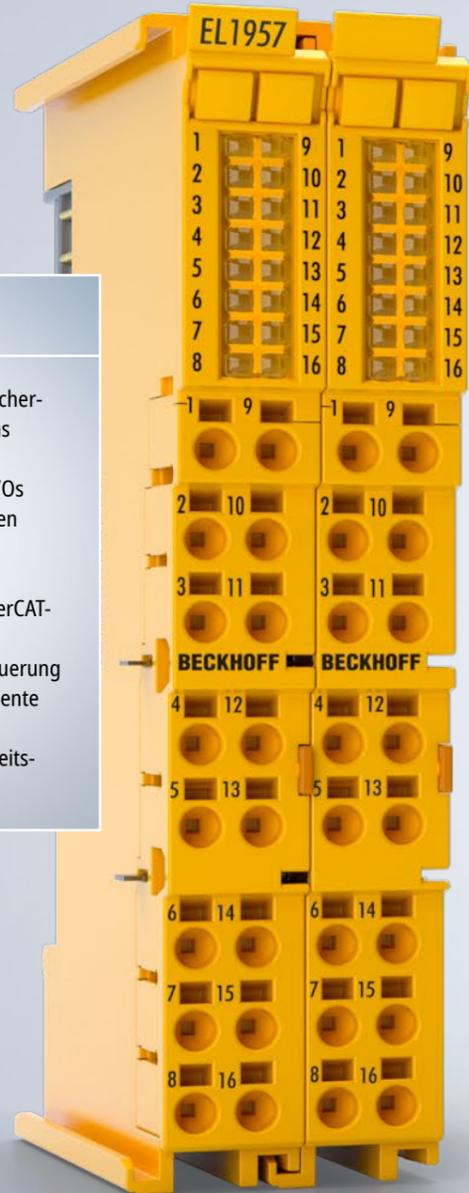
Unsere ELX-Klemmen kombinieren hochkompakte Remote-I/O-Module mit Trennbarrieren für den direkten Anschluss eigensicherer Feldgeräte. Daraus resultieren äußerst schmalbauende EtherCAT-Klemmen mit eigensicheren Schnittstellen: Im 12-mm-Gehäuse stehen bis zu acht eigensichere Eingänge zur Verfügung. Der Verzicht auf zwischengeschaltete, externe Barrieren führt zu einer deutlichen Reduktion des Platzbedarfs im Schaltschrank und den damit verbundenen Kostenvorteilen. Dabei verfügen die ELX-Klemmen mit

ihrer hohen Auflösung und Genauigkeit über die gewohnte Beckhoff Messqualität. Mit der Zertifizierung gemäß ATEX, IECEx und NEC/CEC erfüllen die ELX-Klemmen alle branchenspezifischen Richtlinien für den Explosionsschutz und sind weltweit in nahezu allen Märkten einsetzbar. Anwender erhalten hiermit Automatisierungskomponenten für den globalen Einsatz aus einer Hand.

Die ELX-Klemmen mit integrierter Safety ermöglichen es, Safety-Features von TwinSAFE bis in Zone 0 nutzbar zu machen. So steht Ihnen für jede Anwendung in der Wasserstoffindustrie ein passendes Modul aus dem breiten Beckhoff I/O-Portfolio zur Verfügung.

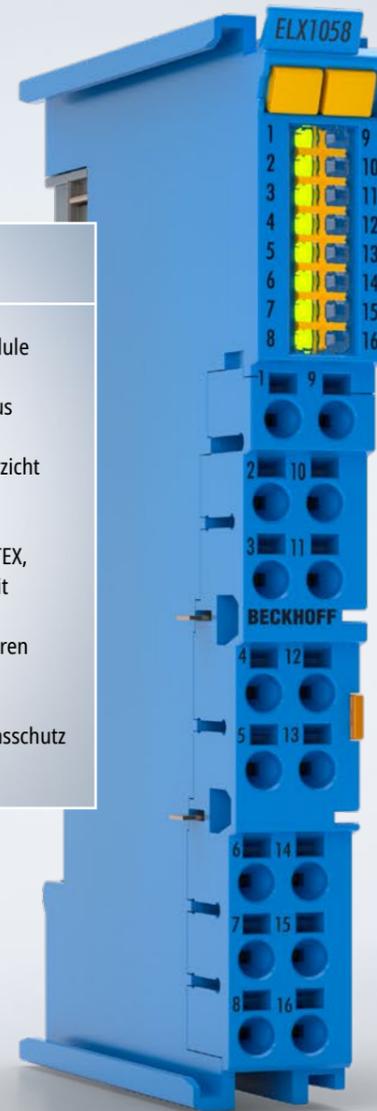
## Safety

- nahtlose Integration der Sicherheitslösung TwinSAFE in das Automatisierungssystem
- große Auswahl an Safety-I/Os für alle sicherheitsrelevanten Signale
- Kommunikation über das integrierte Safety-over-EtherCAT-Protokoll
- vollständige Sicherheitssteuerung mit einer einzigen Komponente
- für Kleinststeuerungen bis zu hochkomplexen Sicherheitsapplikationen



## Explosionsschutz

- kompakte Remote-I/O-Module für den direkten Anschluss eigensicherer Feldgeräte aus Zone 0/20 und 1/21
- platzsparend durch den Verzicht auf zwischengeschaltete, externe Barrieren
- mit Zertifizierung gemäß ATEX, IECEx und NEC/CEC weltweit einsetzbar
- freie Kombination mit anderen I/O-Komponenten
- ermöglichen ganzheitliche Lösungen für den Explosionsschutz bis in Zone 0/20



## Safety und Explosionsschutz

- Kombination von eigensicheren Schnittstellen mit funktionaler Sicherheit
- ermöglicht Verarbeitung sicherheitsrelevanter Analog-Signale von Zone 0 bis zu SIL 3



# Flexible Automatisierungs- und IoT-Lösungen für Wasserstoff-tankstellen

Die Verwendung von Wasserstoff kann auch im Bereich der Mobilität dazu beitragen, dem Klimawandel entgegenzuwirken. Trotz jahrzehntelanger Weiterentwicklung in Bezug auf Effizienz und Schadstoffreduzierung gehören Verbrennungsmotoren weiterhin zu den größten Verursachern von Treibhausgasemissionen. Als Alternativen kommen vor allem Elektrofahrzeuge und wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge in Frage.

Eine der größten Herausforderungen der Elektromobilität ist die Speicherung der elektrischen Energie. Derzeit eingesetzte Batterien bringen einen großen Platzbedarf und hohes Gewicht mit sich, was ihren Einsatz für viele Transportmittel

nicht praktikabel macht. In der Logistik sucht man daher für den Antrieb von LKWs sowie in der Schiff- und Luftfahrt nach alternativen Lösungen. Wasserstoff hat das Potenzial, in diesem Bereich zukünftig der wichtigste Energieträger zu werden. Das Tanken mit Wasserstoff ist im Vergleich zu fossilen Energieträgern jedoch deutlich komplexer: Für den Tankvorgang wird Wasserstoff mit einem Druck von bis zu 1000 bar komprimiert. Im Rahmen der funktionalen Sicherheit muss der Druck während des Befüllens überwacht und, falls erforderlich, der Prozess sicher abgeschaltet werden. Außerdem müssen aufgrund der Entzündlichkeit von Wasserstoff die geltenden Bestimmungen

des Explosionsschutzes eingehalten werden. Trotz dieser operativen Herausforderungen bleibt das Ziel der Tankstellenbetreiber, Kunden gewohnt einfaches und komfortables Tanken zu ermöglichen.

Um Prozesse in der wasserstoffbasierten Mobilität effizient zu automatisieren, ist eine flexible Steuerung erforderlich, die Anforderungen an den Explosionsschutz und die funktionale Sicherheit erfüllt. PC-based Control von Beckhoff bildet mit einem breiten Portfolio an I/O-Modulen und der Software TwinCAT die Basis für die Umsetzung individueller Automatisierungskonzepte. Durch die integrierte TwinSAFE-Steuerung lässt sich die Prozessführung mit funktionaler Sicherheit

in einem System vereinen. Mit TwinCAT Analytics stehen vorgefertigte Bibliotheken und Bausteine für die Prozessdatenverarbeitung zur Verfügung, sodass erfasste Daten wie Druck, Durchfluss und Temperatur direkt in der Steuerungssoftware analysiert werden können. Diese Werte können für die Anlagenüberwachung genutzt und über TwinCAT HMI visualisiert werden. Mittels Cloud-Anbindung lassen sich die Ergebnisse der Analysen direkt in IoT-Szenarien einbinden, um z. B. per Remotezugriff den Anlagenzustand zu überprüfen. Dies ermöglicht gegebenenfalls ein schnelles Eingreifen, aber auch eine vorausschauende Wartung, mit der die Anlagenverfügbarkeit erhöht wird.

## TwinCAT Analytics



Datenverarbeitung und -auswertung für Condition-Monitoring-Konzepte

## TwinCAT HMI

Mit der Process Library bietet Beckhoff ein breites Portfolio an Controls für die Prozessindustrie und weitere Branchen.



## Cloud Connectivity



Offene Kommunikationsstandards zur systemintegrierten Cloud-Anbindung über TwinCAT

# TwinCAT: die durchgängige Engineering- und Steuerungs- plattform

Die vielfältigen Prozesse in der Wasserstoffindustrie stellen unterschiedliche Anforderungen an das eingesetzte Automatisierungssystem in Bezug auf Funktionsumfang und Leistungsfähigkeit. Die Automatisierungssoftware TwinCAT bildet zusammen mit unserer PC-basierten Steuerungstechnik eine skalierbare Automatisierungsplattform, die sich individuell an jede Applikation anpassen lässt.



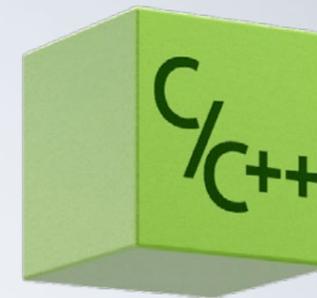
## TwinCAT Analytics

TwinCAT Analytics ermöglicht die lückenlose sowie zyklus-synchrone Erfassung aller Maschinen- und Prozessdaten. Diese dienen als Basis für umfangreiche Analysen, mit denen sich eine vorausschauende Wartung realisieren lässt. In Kombination mit TwinCAT IoT lassen sich auch cloudgestützte Big-Data-Auswertungskonzepte erstellen, welche die nachhaltige Qualitätskontrolle von Prozessen sicherstellen.



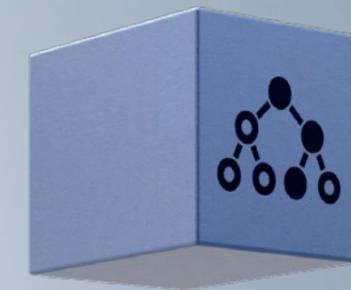
## TwinCAT HMI

Mit TwinCAT HMI wird das Human Machine Interface direkt in die Engineering-Umgebung von Visual Studio® integriert. Die webbasierte Visualisierungslösung ermöglicht die komfortable Entwicklung und Pflege von Benutzeroberflächen zur Anlagenüberwachung und -bedienung. Die Visualisierung erfolgt plattformunabhängig auf einem beliebigen Endgerät; entweder direkt an der Maschine oder über Webbrowser für einen standortunabhängigen Zugriff.



## C++

TwinCAT bietet die Möglichkeit, Automatisierungsprojekte mithilfe der weit verbreiteten und hardwarenahen Sprachen C/C++ zu programmieren. Für die Code-Generierung wird der im Microsoft Visual Studio® enthaltene C-Compiler genutzt. C++ kann somit ergänzend zu den Programmiersprachen nach IEC 61131-3 für Echtzeitanwendungen verwendet werden.



## TwinCAT Machine Learning

TwinCAT-Schnittstellen zu Machine-Learning-Algorithmen erlauben die Nutzung von KI-Methoden im traditionellen Steuerungsumfeld und unterstützen so die Produkt- und Prozessoptimierung. Über die in TwinCAT nahtlos integrierte Lösung für maschinelles Lernen lässt sich auch die Echtzeitausführung von Machine-Learning-Modellen realisieren.

## MATLAB®/Simulink®

Dank der Anbindung von TwinCAT an MATLAB® und Simulink® ist es möglich, in diesen Sprachen entwickelte Modelle und Simulationen direkt in die Steuerung zu integrieren. Programmierungen, die zuvor validiert und in die realverknüpfte TwinCAT-Systemlandschaft übernommen wurden, können so direkt als Produktiv-Code Steuerungs- und Monitoringaufgaben übernehmen – ohne das Risiko von nicht kalkulierbaren Fehlern in der Entwicklungsphase.



# Einfach und sicher in die Cloud: mit Beckhoff

Der Einsatz von Cloud-basierten Systemen zur Realisierung von IoT-Lösungen rückt in nahezu allen Bereichen der Automatisierung immer stärker in den Vordergrund, denn IoT-Szenarien ermöglichen eine wirtschaftlichere Prozessführung bei konstant hoher Prozessqualität. Ein klassischer Anwendungsfall ist die Datenerfassung in großflächigen, verteilten Anlagen oder an abgelegenen Standorten, wie z. B. beim Monitoring von Wasserstoffpipelines. Aus einer zentralen Leitwarte heraus können ein großer Bereich überwacht und, sofern notwendig, Maßnahmen eingeleitet werden. Des Weiteren erlaubt die Cloud-Anbindung den Betrieb auto-

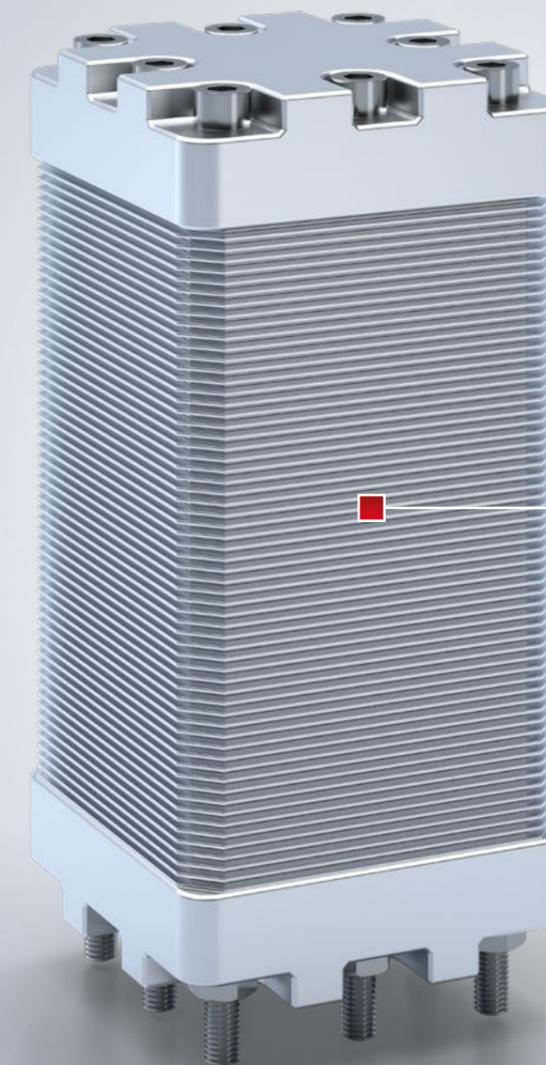
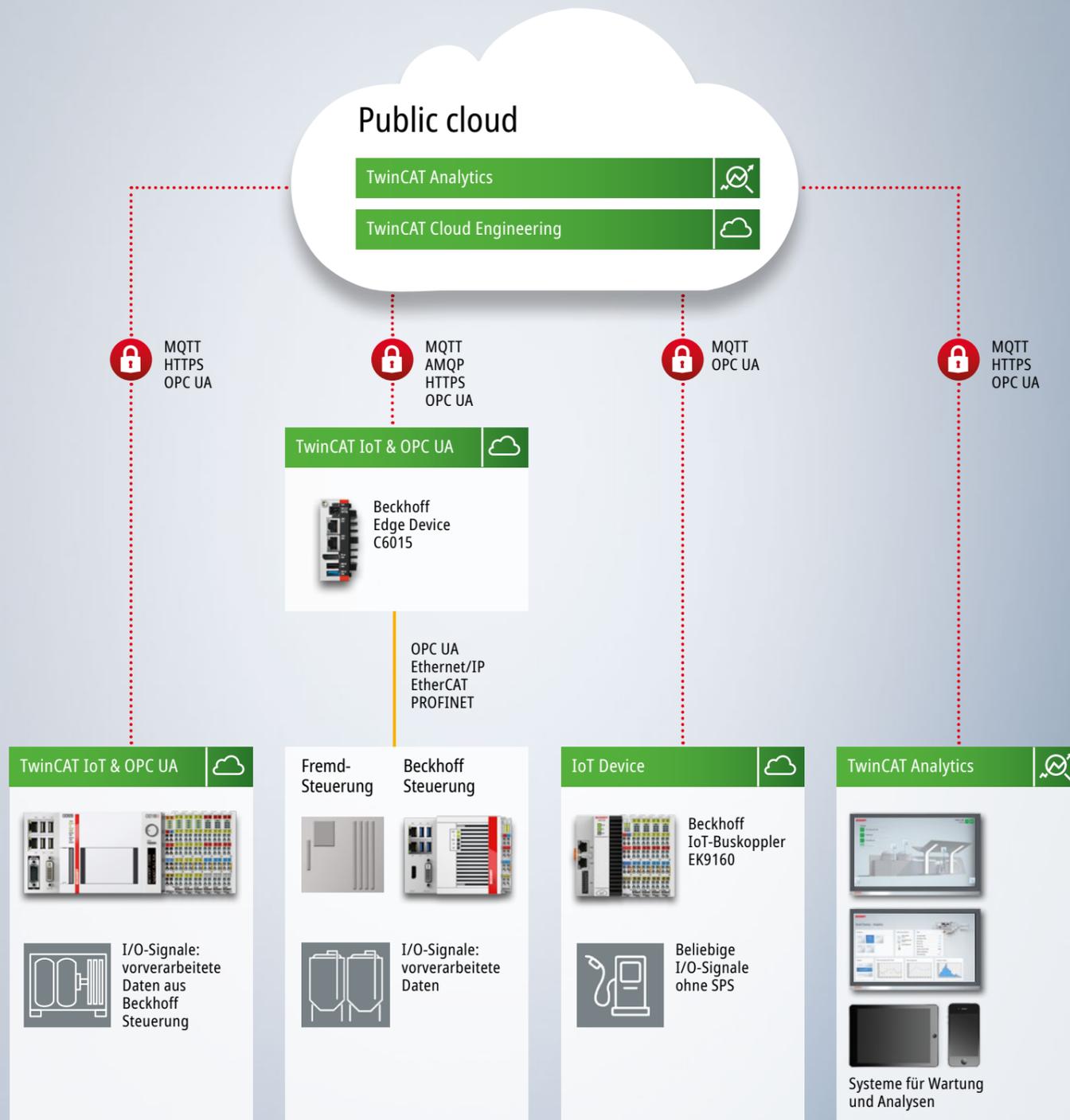
nomer Anlagen wie Tankstellen, die über die IoT-Verbindung Zustands- oder Prozessdaten übermitteln und bei auftretenden Fehlern Meldungen absetzen können.

Die verschiedenen IoT-fähigen Komponenten von Beckhoff bieten für jeden Anwendungsfall eine Möglichkeit zur Anbindung an öffentliche oder private Cloud-Systeme. TwinCAT IoT unterstützt dazu die gängigen Protokolle MQTT und OPC UA für die Cloud-Kommunikation.

# Messtechnik für die Zellspannungsmessung

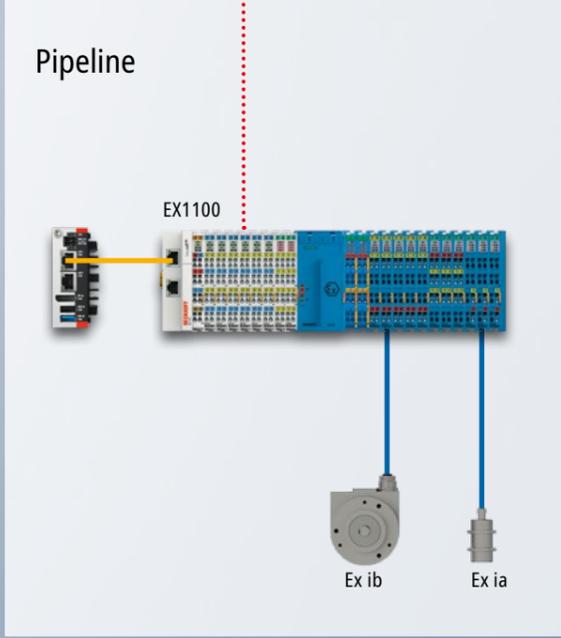
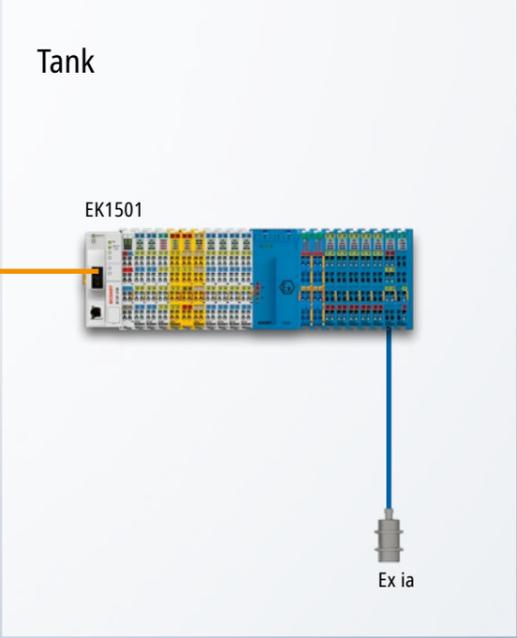
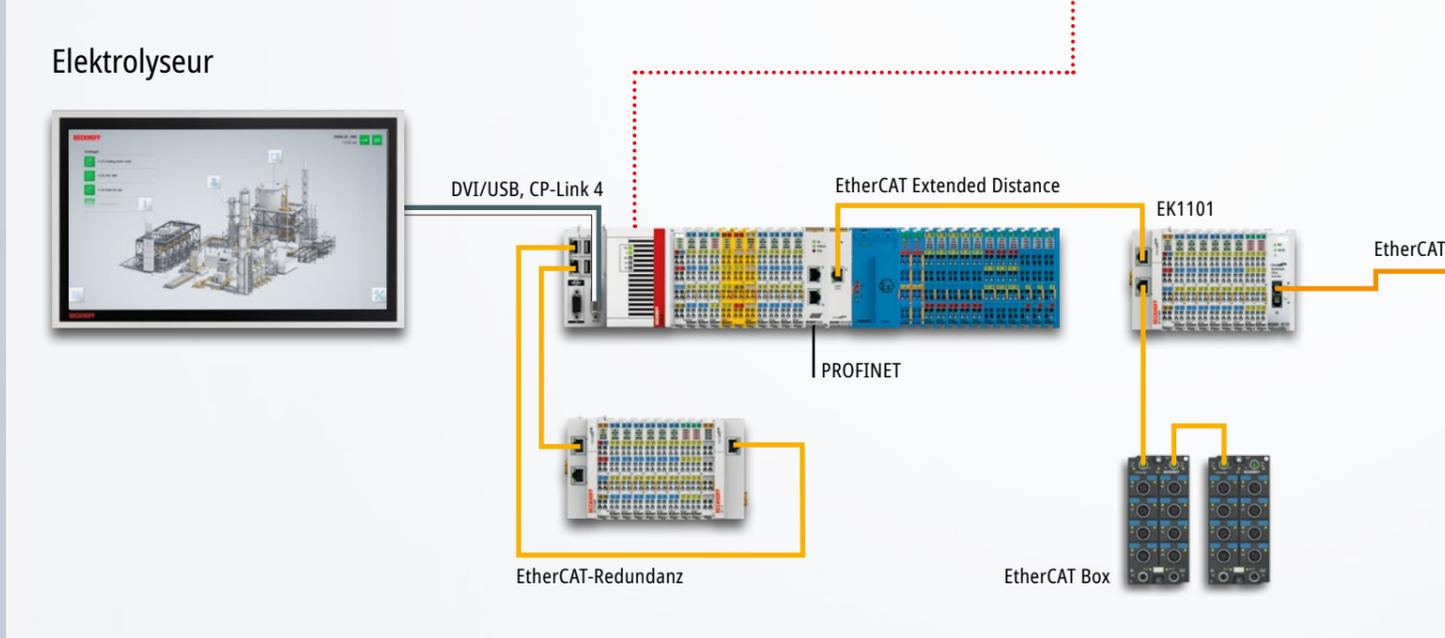
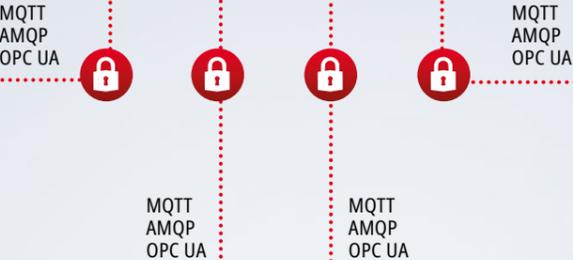
In der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette besteht großer Bedarf an präziser Messtechnik. Insbesondere während des Elektrolysevorgangs ist die Messung der Strom-Spannungs-Kennlinie der einzelnen Zellen essenziell: Wird die Zellspannung erhöht, resultiert daraus eine größere Stromdichte und damit auch eine erhöhte Wasserstoffproduktion. Demgegenüber steht ein reduzierter Wirkungsgrad. Die genaue Überwachung aller Parameter ermöglicht, einen optimalen Arbeitspunkt zu wählen. Aufgrund der Einbaulage der Zellen im Stack lässt sich die Spannung nur für das gesamte System einstellen. Die Einzel-

zellspannungen können aber unterschiedliche Werte einnehmen und über die Lebensdauer des Elektrolyseurs driften. Eine Lösung dafür bietet die EtherCAT-Klemme EL3008-0003: Das kaskadierte Messprinzip der Klemme reduziert den Verdrahtungsaufwand deutlich und die hohe Isolation erlaubt den Betrieb bis zu einer Gesamtstapelspannung von 1.500 V. Das macht die Klemme auch für große Systeme nutzbar. Durch das modulare Konzept lässt sich die Klemme damit sowohl für Versuchsaufbauten als auch für ein dauerhaftes Langzeitmonitoring in Kombination mit der gesamten Anlagensteuerung einsetzen.



Die EtherCAT-Klemme EL3008-0003 ermöglicht die Messung von gestapelten Spannungen bis 1.500 V in Brennstoffzellen.

Durchgängige  
Automatisierung:  
vom Sensor  
in die Cloud



# Unsere Referenzen



Nel Hydrogen, Dänemark

Echtzeitsteuerung von Wasserstoff-tankstellen

► [www.nelhydrogen.com](http://www.nelhydrogen.com)



© Bechhoff



GKN Hydrogen, Italien

PC-based Control bei moderner Wasserstoff-Speichertechnologie

► [www.gknhydrogen.com](http://www.gknhydrogen.com)



© Harald Wishtaler/GKN Hydrogen



Automate X, Neuseeland

Automatisierung von hochmodernen Tanklagern

► [www.automate-x.nz](http://www.automate-x.nz)



© Bechhoff



Goldwind, China

Effizientes Condition Monitoring von Windenergieanlagen

► [www.goldwind.com](http://www.goldwind.com)



© Goldwind



Sichern Sie Ihren Vorsprung in der  
Wasserstoffindustrie mit PC-based Control:  
► [www.beckhoff.com/wasserstoff](http://www.beckhoff.com/wasserstoff)

**Beckhoff Automation GmbH & Co. KG**

Hülshorstweg 20

33415 Verl

Deutschland

Telefon: +49 52469630

[info@beckhoff.de](mailto:info@beckhoff.de)

[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH. Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Kennzeichen führen.

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG 03/2025

Die Informationen in dieser Druckschrift enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Technische Änderungen vorbehalten