DESY-MAMMUTKÜHLSCHRANK MIT NETZ UND DOPPELTEM BODEN

Redundante Prozesssteuerung anstelle des herkömmlichen Prozessleitsystems, optische Profibus-Netzwerke statt zentrales I/O-System: Bei der Umrüstung der deutschlandweit größten Helium-Kälteanlage gehen die Automatisierer ans Eingemachte. So wird im renommierten Forschungszentrum die Zuverlässigkeit sichergestellt.

TEXT: Christian Bräutigam, Softing **BILDER:** Softing; DESY

Seit fünf Jahrzehnten wird bei DESY Wissenschaftsgeschichte geschrieben. Dort gelang beispielsweise der erste Nachweis des Gluons, das für die starke Wechselwirkung im Inneren von Atomkernen verantwortlich ist. Wesentliche Beiträge lieferte die Forschungseinrichtung mit ihren Teilchenbeschleunigern aber auch bei der Erforschung des Protons und durch die Nutzung der an den Beschleunigern entstehenden Röntgenstrahlung. Der Schlüssel zu immer neuen Erkenntnissen liegt dabei in der Erhöhung der Energie der einzelnen Teilchen. Um diese möglichst effektiv zu beschleunigen und auf ihrer Bahn zu halten, werden seit mehr als 20 Jahren supraleitende Beschleunigerkomponen-

ten verwendet, die bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt betrieben werden müssen. Dazu wurde Mitte der 80er Jahre die größte Kälteanlage Deutschlands errichtet, die supraleitende Elektromagnete mit flüssigem Helium bei 4,3 Kelvin umspült. Die Anlage, die für den 6,3 Kilometer umfassenden Hera-Ring unter dem Hamburger Ortsteil Bahrenfeld erstellt wurde, wird heute vorwiegend für die Kühlung von Röntgenlaser-Anlagen verwendet, die Kühlmitteltemperaturen von nur 1,8 Kelvin erfordern.

Gebäude 54 des Hamburger DESY-Geländes ist das Herz des Kühlkreislaufs. Dort wird in drei gleichartigen Subsystemen gasförmiges Helium mit Schraubenkompressoren auf einen Druck von etwa 16 bar gebracht und durch gezielte Entspannung verflüssigt. Dazu durchströmt das Gas in extrem gut isolierten turmhohen sogenannten Cold-Boxen insgesamt sieben Expansionsturbinen, bis es am Ende flüssig wird und mit einem Druck von vier bar über die Verteiler-Box auf die Reise durch das weitverzweigte Verbrauchernetz geht. Mehr als 15.000 kg Helium befinden sich im System im Umlauf. Die Prozesssteuerung muss zum Betrieb der Anlage etwa 1.000 Messstellen, 2.000 Signale aus Subsystemen und 800 Ventile bedienen. In Hunderten von Regelschleifen werden mehr als 6.000 Prozesssignale verarbeitet. Nachdem der Hera-Ring 2007 außer Betrieb ging, wird die Anlage heute vorwiegend für die Kühlung von Linearbeschleunigern für die Photonenforschung genutzt. Sie soll auch den derzeit im Bau befindlichen 3,4 km langen European XFEL (Freie-Elektronen-Röntgen-Laser) kühlen, der ab 2014 das hellste Röntgenlicht der Welt liefern wird.

Neue Leittechnik nach zwei Jahrzehnten

Da die Kälteanlage nach mehr als zwei Jahrzehnten Dauerbetrieb noch mindestens weitere zehn Jahre zuverlässig laufen muss, sollte das in die Jahre gekommene Prozessleitsystem ersetzt werden. Insbesondere die Bauteile des zentralen I/O-Systems hatten ihre Lebenserwartung zum Teil erheblich überschritten: etwa Reed-Relais für die Konditionierung der analoger Eingänge, die seit etwa 20 Jahren kontinuierlich mit 4 Hz laufen. Zudem verursachten die langen Leitungswege zunehmend Probleme beim Potenzialausgleich. Nach der Analyse möglicher Alternativen fiel die Wahl für das I/O-System auf Profibus, da hierfür ein umfassendes Angebot an Feldgeräten verfügbar ist. Außerdem können lokale Peripheriegruppen durch einen übergeordneten optischen Profibus-DP-Ring ohne Potenzialprobleme über große Strecken verteilt angeschlossen werden. Anders als Drucktransmitter und Ventilsteuerungen, bei denen DP/PA-Koppler verwendet werden, werden die beim DESY entwickelten Niedrigsttemperatursensoren und weitere analoge und digitale Signale direkt per Remote-I/O am DP-Bus angeschlossen.

Die bislang verwendeten VME- und Multibus-Rechner werden nun durch Compact-PCI-Systeme ersetzt. Deren Vorteil ist, dass durch ihren relativ geringen Energieverbrauch meist ein lüfterlo-

Im DESY wird auf einer Fläche von etwa 2.000 m² großtechnisch flüssiges Helium erzeugt.

ser Aufbau möglich ist. Das Ausfallrisiko sowie der Aufwand für die Überwachung der Betriebstemperatur verringern sich dadurch erheblich.

Auch softwareseitig geht man neue Wege. Die zeit- und gütekritischen Regelungsaufgaben werden in redundanten I/O-Controllern (IOC) mit der Steuerungssoftware EPICS unter VxWorks ausgeführt. EPICS ist eine quelloffene Steuerungssoftware, die von DESY für die Prozesskontrolle weiterentwickelt wurde. Sie wird weltweit vorwiegend in der Forschung eingesetzt, steht aber auch anderen Anwendern kostenlos zur Verfügung (http://epics.desy.de). Ebenso frei verfügbar ist die Software „Control System Studio“ CSS (http://css.desy.de), welche von den Operateuren zur Betriebsführung der Anlagen eingesetzt wird und den Prozessingenieuren die Konfiguration der Profibus-Netze und Prozessdatenbanken ermöglicht.

Nur wenn die Kühlung zuverlässig funktioniert, kann wissenschaftliche Höchstleistung erbracht werden. Fällt sie aus, entstehen erhebliche Ausfallzeiten, in denen eine Vielzahl von Wissenschaftlern keine Experimente durchführen können. Aus diesem Grund sind Teile der Kälteanlage redundant ausgeführt. Neben den drei getrennten Kühleinheiten steht ein Reservoir mit 2.500 kg flüssigen Heliums zur Verfügung. Auf Seiten der Leittechnik sind alle Rechner über redundante Ethernet-Switches miteinander verbunden.

Redundanz sichert hohe Verfügbarkeit

Die Prozessrechner bestehen aus je zwei redundanten IOCs, die die Peripherie über einen optischen Profibus-Ring bedienen. Auch dieser toleriert den Ausfall eines seiner Segmente. Die Prozessperipherie, selbst nicht redundant ausgeführt, wird über redundante Stromversorgungen mit USV gespeist.

Wesentliche Bedeutung für die Verfügbarkeit der Leittechnik kommt den redundanten IOCs zu, von denen einer aktiv ist und der andere als Backup fungiert. Beide verfügen über zwei Netzteile, die von unabhängigen Quellen gespeist werden, und zwei Ethernetanschlüsse. Einer dient dem Anschluss an das Steuerungsnetzwerk, der andere als „Redundancy Link“ zum dem zweiten IOC, über den beide Rechner ständig das aktuelle Prozessabbild und ihren Systemzustand

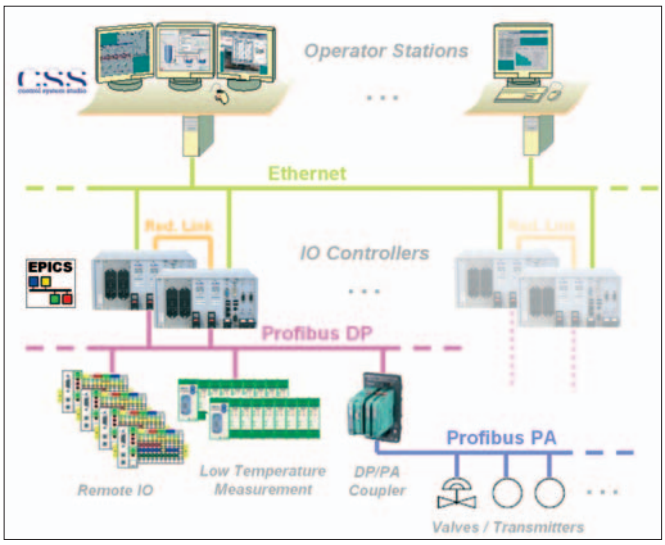
UND AUS IHRER PERSPEKTIVE, HERR CLAUSEN?

Matthias Clausen, Leiter Cryogenic Controls am DESY

„Das gewählte Konzept bietet die Ausfallsicherheit, die wir an den Helium-Kälteanlagen benötigen. Die implementierte Redundanzlösung stellt den kontinuierlichen Betrieb bei CPU- oder Speicherproblemen sicher. Darüber hinaus ermöglicht sie es uns, einzelne Komponenten auch im laufenden Betrieb zu tauschen. Bisher haben wir ein Drittel der Anlage mit der neuen Technik ausgestattet. Erste Tests sind sehr erfolgreich verlaufen. In Kürze wird der Betrieb dort wieder aufgenommen. Damit steht uns ein modernes System zur Kühlung unseres Flash-Lasers zur Verfügung. Nach dem vollständigen Umbau der Anlage sind wir dann auch bestens für den European XFEL gerüstet.

Bei der Realisierung der Profibusanschaltung für EPICS hat sich gezeigt, wie wichtig die Wahl des richtigen Partners ist. Durch die gute Zusammenarbeit mit den Ingenieuren von Softing konnten wir unseren ehrgeizigen Terminplan halten. Sowohl bei der Definition des Redundanzverhaltens als auch bei der Portierung nach VxWorks erhielten wir optimale Unterstützung. Wir freuen uns, dass die Firma Softing den gemeinsam entwickelten Treiber unter anderem zur Nutzung in der EPICS-Kollaboration freigegeben hat.“

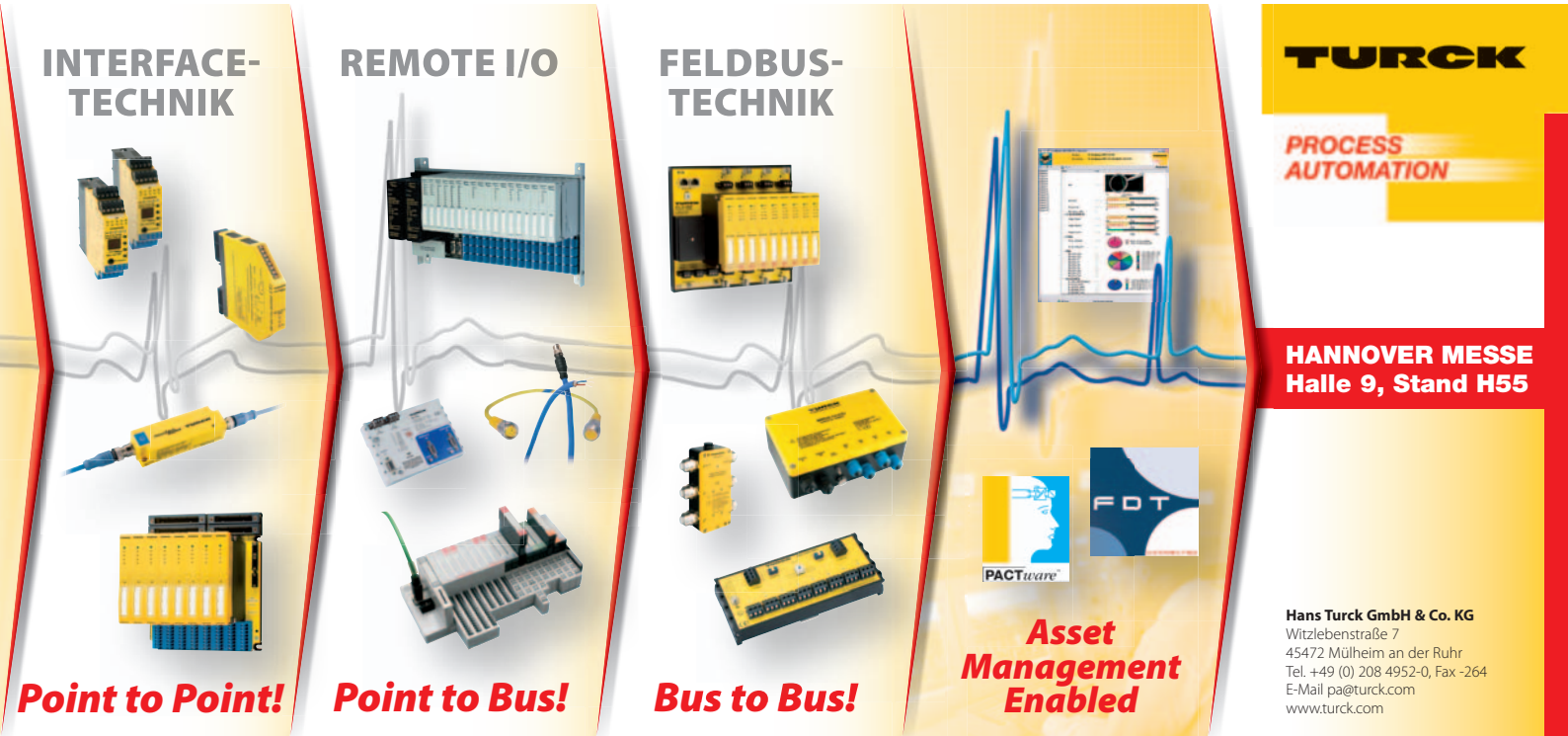
[http://css.desy.de; außerdem quelloffene Steuerungssoftware EPICS kostenlos verfügbar unter http://epics.desy.de]



Im neuen Leitsystem, hier eine vereinfachte Darstellung, sorgen redundante IOCs am optischen Profibus-Ring für Zuverlässigkeit.

austauschen. Die Umschaltung der aktiven Rolle erfolgt nur, wenn der dadurch eingenommene Zustand besser ist als der aktuelle.

Für die Bedienung der Peripherie am Profibus musste eine Lösung gefunden werden, die die Redundanzumschaltung zwischen den IOCs ohne Neuanlauf der Feldgeräte ermöglicht. Dazu muss der Backup-IOC beim Umschalten die Busadresse des anderen übernehmen und direkt im zyklischen Datenaustausch fortfahren. Mit herkömmlichen Profibus-PC-Interfaces ist dies nicht möglich, da diese beim Starten als Busmaster ihre Peripherie neu parametrieren. Dadurch entstehen Lücken im Regelzyklus und zeitweise falsche Ausgangswerte, die zum Anlagenausfall führen können.

Gelöst wurde diese Aufgabe schließlich mit Hilfe einer Profibus-Karte von Softing. Diese Karte ermöglicht eine vollständige Initialisierung des Backupmasters, ohne dass dieser am Bus aktiv wird. Damit jederzeit eine stoßfreie Umschaltung möglich ist, erhält der Backupmaster regelmäßig das aktuelle Prozessabbild vom aktiven IOC über den Redundancy-Link. Eine weitere Schwierigkeit ist, dass für die Zustandsbewertung des Backup-IOCs festgestellt werden muss, ob dessen Busanschaltung noch funktionsfähig ist. Dazu erhält der Backup-IOC zunächst eine andere Busadresse als der aktive und beide tauschen spezielle Testtelegramme aus. Damit wird nicht nur die lokale Busanschaltung, sondern auch das Profibussegment zwischen beiden IOCs überprüft. Im Falle einer Redundanzumschaltung übernimmt dann der Backup-IOC die Busadresse des aktiven IOC und umgekehrt. Über eine spezielle Funktion werden die voreingestellte Masterparametrierung und das stets aktuell gehaltene Prozessabbild im neuen Master unverzüglich wirksam. Die Feldgeräte am Profibus bemerken von dieser Umschaltung nichts. □

> MORE@CLICK PA310400