



WP 1006HG

**Embedded Switches:  
Ist die Zeit reif, auf den  
Zug aufzuspringen?**

**Einleitung**

Embedded Technologie setzt sich in vielen technischen Bereichen immer mehr durch. Integrierte Computer sind beispielsweise in Autos, Haushaltsgeräten, Smartphones, Fernsehern oder Videorekordern allgegenwärtig. Embedded Technologie hat nicht nur ganze Industriezweige revolutioniert, sondern auch unsere Lebensgewohnheiten verändert. Fachmessen, die von diesem Trend profitieren, sind inzwischen zu festen Einrichtungen geworden: Die Embedded Systems Conference im Silicon Valley findet bereits seit 24 Jahren statt und die Embedded World in Nürnberg feierte ihr zehnjähriges Jubiläum.

So wie integrierte Intelligenz in den Geräten unseres täglichen Lebens inzwischen allgegenwärtig ist, so ist Embedded Ethernet zukunftsweisend für industrielle Anwendungen. Heute sind 98 Prozent der Ethernet Switches immer noch Stand-alone Einheiten. Die Verwendung von zwei unterschiedlichen Geräten macht die Unterscheidung zwischen Kommunikationsaufgaben und Anwendungsprozessen deutlich. Allerdings leiten die zunehmenden Forderungen nach Kosten- und Platzeinsparungen bei Automatisierungsgeräten für Maschinen bereits einen Trend in Richtung Embedded Switching ein.

Managed Ethernet Switches von Grund auf in ein Automatisierungsgerät zu integrieren ist keine leichte Aufgabe. Embedded Ethernet Boards sind dagegen ein leicht gangbarer Weg. Sie füllen eine Bedarfslücke zwischen einfach hinzuzufügenden Stand-alone Ethernet Switches und aufwändig zu integrierenden Switching-Chips, für die eine zugehörige Softwareentwicklung notwendig ist. Mit diesen neuen Embedded Ethernet Switches, die Switching quasi als „Drop-in“-Funktion bieten, können Hersteller von Automatisierungsgeräten die Entwicklungszeit für ein hochmodernes, Ethernet-basiertes Produkt deutlich verkürzen. Sie müssen sich nicht mehr mit der ihnen wenig vertrauten Switching-Technologie auseinandersetzen, sondern können sich auf ihr eigenes Fachgebiet konzentrieren.

Embedded Ethernet Switching ist für Maschinenhersteller und ihre Kunden insbesondere deswegen von Vorteil, weil solche Lösungen weniger Platz in Produktionsanlagen beanspruchen, der dort knapp bemessen ist. Gerätehersteller profitieren nicht nur im Hinblick auf eine frühere Markteinführung und die reduzierten Entwicklungskosten, sie steigern auch die Funktionalität und damit die Wertigkeit ihres Gerätes. Geringere Entwicklungsrisiken und ein Zusatznutzen für den Kunden ergeben eine leistungsstarke Kombination.

**Inhalt**

**Einleitung** ..... 1

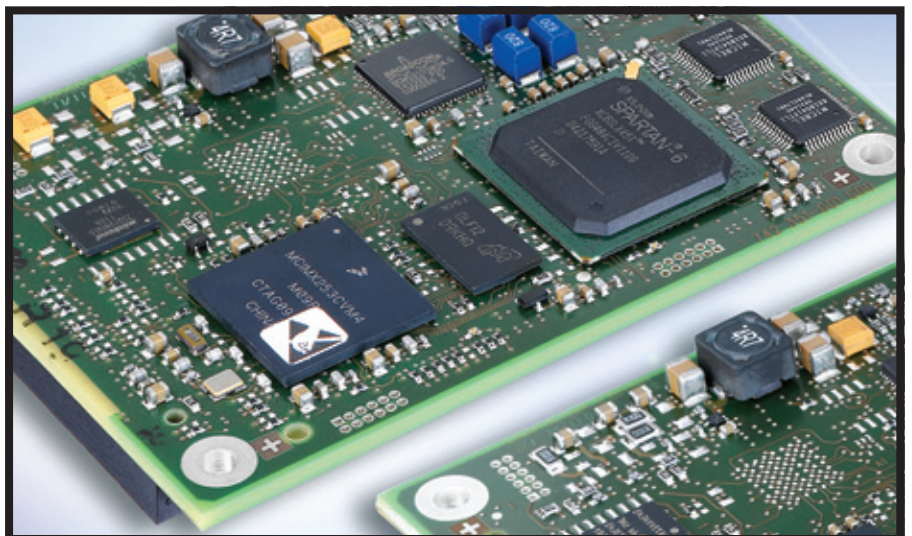
**Konvergenz von Steuerungs- und Kommunikationstechnologie** ..... 2

Platzsparendes Ethernet  
Vorteile für die Gerätehersteller  
Vorteile der Embedded Ethernet Technologie

**Designüberlegungen** ..... 4-5

**Anwendung** ..... 5-6

**Zusammenfassung/Referenzen** ..... 6



**Be certain.  
Belden.**



## Konvergenz von Steuerungs- und Kommunikationstechnologie

Der Einzug von Embedded Ethernet Switches in moderne Maschinen ist ein Beispiel für die zunehmende Konvergenz von Steuerung und Kommunikation. Von dieser Entwicklung, in deren Verlauf ein Übergang von Stand-alone Switches zu Geräten mit integrierter Switching-funktionalität stattfindet, profitieren alle Seiten. Die ARC Advisory Group, eine führende Forschungs- und Beratungsfirma für Industrie und Infrastruktur, veröffentlichte 2011 unter dem Titel „Embedded Ethernet Switching Expands beyond Motion Control“ einen Artikel, der zu folgendem Schluss kam: „Durch das Einbetten von Ethernet Switches in Endgeräte wie E/A-Baugruppen, Bediengeräte und Datenspeicher können die Kosten installierter Netzwerke gesenkt, das Netzwerkdesign vereinfacht, die Leistungsfähigkeit gesteigert und flexiblere Topologien ermöglicht werden.“

## Geringer Platzbedarf von Embedded Switches bietet Mehrwert

Dank den Fortschritten der Halbleitertechnologie sind Switching-Chips sowohl kleiner als auch leistungsfähiger geworden. Deshalb ist es jetzt möglich, Board-Level Switches mit geringer Größe zu entwickeln, so dass sie sich in Automatisierungsgeräte für Industriemaschinen integrieren lassen. Das spart nicht nur Kosten für externe Verkabelung und Anschlüsse, sondern auch Platz und Gewicht. Zuerst wurden Ethernet Switches in Speicherprogrammierbaren Steuerungen, dann in den E/A-Baugruppen eingebettet, jetzt dehnt sich der Einsatzbereich auf die einzelnen Sensoren und Aktuatoren aus.

Dieser Trend wird durch die sinkenden Kosten noch beschleunigt. Aktuell liegt die Preisschwelle bei hochwertigen Automatisierungsgeräten bei Preisen um die 1000 €. Der Trend geht deutlich nach unten.

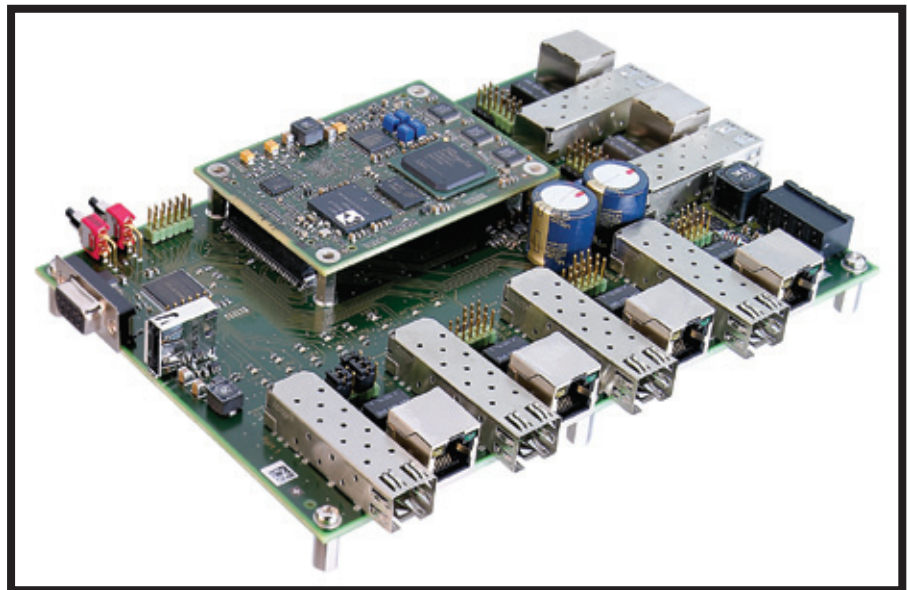


Abb. 1 Embedded Ethernet Switch (kleine Platine oben) montiert auf einer Hauptplatine.

## Vorteile für Gerätehersteller

Für Hersteller von Automatisierungsgeräten sind die Vorteile von Embedded Ethernet Switches unschlagbar – schnellere Markteinführung, geringeres Entwicklungsrisiko und niedrigere Vorleistungskosten. Aus Sicht des Herstellers kürzt Embedded Ethernet den Weg zur Markteinführung neuer Produkte ab. Embedded Ethernet Switches bieten vorgefertigte und vorgeprüfte Netzwerkfunktionalität. Dadurch verringert sich der Zeit- und Arbeitsaufwand für die Integration der Ethernet Switches in das Automatisierungsgerät.

Indem Lieferanten von Switches sich auf die Netzwerktechnik konzentrieren, ihr Produkt auf dem neuesten Stand der Ethernet-Technologie halten und zudem eine geprüfte Baugruppe liefern, können sich die Entwickler des Automatisierungsherstellers auf ihren eigenen Kompetenzbereich konzentrieren: Die Automatisierungsfunktionen ihrer Geräte.

## Vorteile der Embedded Ethernet Technologie für Maschinenbauer und Endkunden

Der Mehrwert von Automatisierungsgeräten mit integrierten Ethernet Switches ist nicht nur für den Hersteller offensichtlich, sondern auch für Maschinenbauer und Endkunden. Eine Industriemaschine mit integrierten Switches in den Automatisierungsgeräten spart nicht nur wertvollen Platz in der Werkshalle, sondern auch Kosten, da weniger Stand-alone Ethernet Switches insgesamt erforderlich sind. So kostet zum Beispiel ein Managed Embedded Ethernet Switch nur ein Fünftel bis ein Viertel eines Stand-alone Switches mit vergleichbaren Funktionen, so dass die Gesamtkosten für den Endkunden niedriger bleiben. Es entfallen nicht nur zusätzliche Geräte, auch die Kosten für Kabel und Stromanschlüsse sind insgesamt niedriger. Zudem sind die Servicevereinbarungen für den Betreiber einfacher, weil ein einziger Lieferant für die Netzwerkfunktionen und Steuerungsaufgaben verantwortlich ist.



## Die Geschichte industrieller Netzwerke

Abbildung 2 zeigt einige Meilensteine in der Entwicklung von Ethernet vom ursprünglichen Kommunikationssystem zwischen Computern in IT-Umgebung bis hin zu einer robusten und deterministischen Technologie für Industrieanwendungen.

Seit seiner Einführung vor über 20 Jahren ist Ethernet stetig weiterentwickelt worden und hat seine Anwendbarkeit vom Informatik-Umfeld auf industrielle Applikationen ausgedehnt. Dort haben Determinismus und Fehlertoleranz höchste Priorität. Die verwendeten Verkabelungstopologien haben sich von der einfachen Linienverdrahtung zu Sternstrukturen und dann weiter zu vermaschten Ringen entwickelt. Kostengünstige Ringverkabelungen bieten Redundanzmöglichkeiten, die eine Voraussetzung für den Einsatz von Ethernet in vielen Industrieanwendungen sind.

Eine angemessene Redundanz spielt bei vielen industriellen Anlagen eine große Rolle, da Produktionseinschränkungen oder gar Stillstände finanzielle Schäden verursachen. International genormte Redundanzverfahren wie RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) oder MRP (Media Redundancy Protocol) ermöglichen es, industrielle Ethernet-Systeme mit herstellerunabhängigen Redundanzmöglichkeiten zu realisieren. Bei einigen Anwendungen darf es allerdings nicht zu geringsten Störungen der Applikation durch eine kurze Netzwerkunterbrechung kommen. Diesen Anforderungen tragen neue Technologien wie PRP (Parallel Redundancy Protocol) und HSR (High-Availability Seamless Redundancy) Rechnung.

Zunehmende Größe und Komplexität der Netze erfordert für Inbetriebnahme und Service leistungsstarke Software-Tools. Netzwerkmanagement-Software macht Ethernet erst zur effizienten Lösung für industrielle Anwendungen.

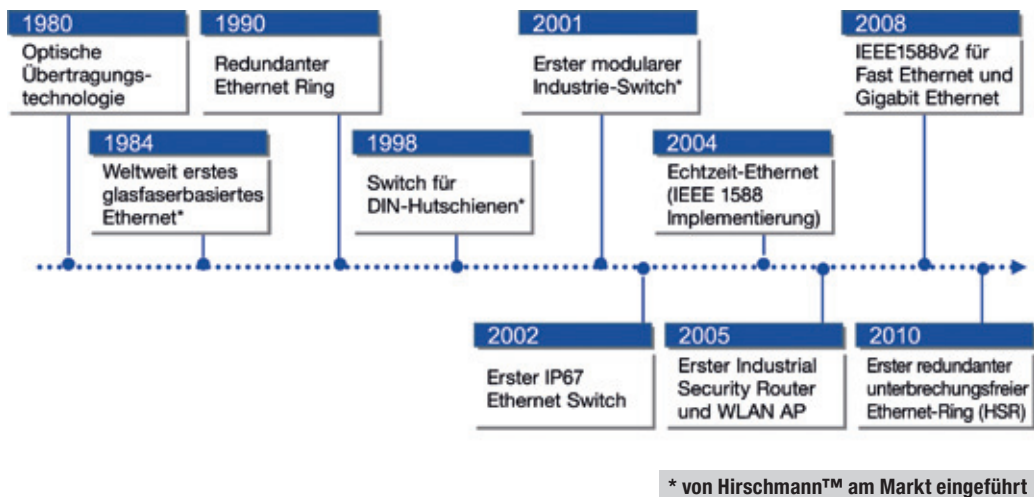


Abb. 2 Entwicklung des Industrial Ethernet - Hirschmann ist führend in der Entwicklung vieler Industriestandards, die Ethernet in diesem Markt effizient gemacht haben



## Designüberlegungen

Managed Embedded Ethernet Switches erweitern Automatisierungsgeräte um ein breites Spektrum an Netzwerkfunktionen und erlauben eine optimale Einbindung der Maschinen in die Netzwerke von heute. Mit Hilfe von Netzwerkmanagement-Software wie Industrial HiVision von Hirschmann™ kann das Anlagennetzwerk von einer beliebigen Stelle aus überwacht, verwaltet und zum Beispiel per Fernzugriff Softwareaktualisierungen und Konfigurationsänderungen vorgenommen werden.

Darüber hinaus bietet Industrial HiVision eine Netzwerkmanagement Ereignisüberwachung mit Benachrichtigung über Alarmfunktionen sowie eine Datenbank, in der die Ereignisse für eine spätere Auswertung protokolliert werden. Diese Funktionalität ist von überaus großem Wert für Service- und Wartungsaufgaben.

Netzwerkmanagement-Tools sind wichtige Elemente einer industriellen Netzwerkumgebung für Redundanz, Portkonfiguration, Echtzeit-Betrieb sowie Software-Aktualisierungen.

## Redundanz

Die neuen Hochverfügbarkeits- und Redundanz-Standards, PRP (Parallel Redundancy Protocol) und HSR (High-Availability Seamless Redundancy) bieten durch die Echtzeitfähigkeit im Fehlerfall eine sehr hohe Ausfallsicherheit. Damit können selbst Anlagen mit hochsensibler industrieller Automatisierung von den Vorteilen des Ethernets profitieren. Mit dem Einsatz dieser Protokolle untermauert die Ethernet-Technologie ihren Anspruch als einzige zukunftsfähige Kommunikationstechnik in industriellen Anwendungen. (siehe Kasten)

## Echtzeit-Betrieb

Das in IEEE 1588 beschriebene Precision Time Protocol (PTP) ist vor allem für den Maschinenbau wichtig. IEEE 1588v2 Echtzeit-Support ermöglicht die Synchronisierung von verteilten Uhren mit einer Genauigkeit von unter 1 Mikrosekunde. Synchrone Achsen, Robotik sowie Test- und Messapplikationen von Anwendungen, bei denen präzises Zeitverhalten unerlässlich ist.

## Erweiterung und Wartung von Softwarefunktionen

Hersteller von Automatisierungsgeräten können Embedded Ethernet Switches als Hardwarebestandteil mit definierten Softwarefunktionen in ihr Automatisierungsgerät integrieren. Da die Switchingfunktionen durch den Funktionsumfang der Software bestimmt ist kann durch Nachladen von Softwarepaketen die Funktionalität auf Wunsch nachträglich

erweitert werden. Upgrades oder auch Updates sind per Fernzugriff möglich. Die Geräte müssen dazu weder ausgebaut und ins Werk zurückgeschickt werden, noch ist ein kostspieliger Service-Einsatz erforderlich.

## Industrietauglichkeit

Embedded Ethernet Switches in industriellen Geräten müssen harten Umweltbedingungen trotzen. Zwar bietet das Einbetten der Ethernet-Baugruppe in ein Automatisierungsgerät einen gewissen Schutz, dennoch werden diese Geräte mitunter in rauen Umgebungen betrieben. Für höchste Zuverlässigkeit sind Embedded Ethernet Boards erforderlich, die mit Chips für einen erweiterten Temperaturbereich ausgestattet sind und bei denen besonders sorgfältig auf die Wärmeentwicklung und das entstehende Temperaturprofil geachtet wurde. Darüber hinaus kann eine optionale Beschichtung vor Feuchtigkeit und aggressiven Chemikalien schützen.

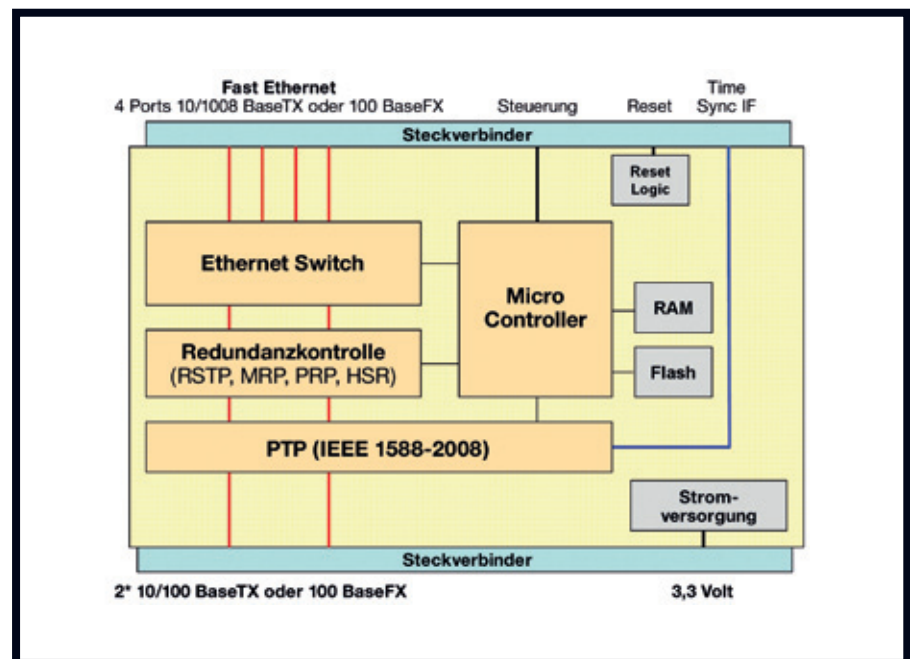


Abb. 3 Blockdiagramm eines Embedded Ethernet-Systems



## IEC 62439 Hochverfügbarkeitsnetzwerke für unternehmenskritische Anwendungen

Im Gegensatz zu Ethernet-Netzwerken in Büroanwendungen, bei denen es hauptsächlich um große Datenmengen mit verhältnismäßig niedrigen Ansprüchen an Echtzeitverhalten und Verfügbarkeit geht, müssen industrielle Ethernet-Netzwerke extrem zuverlässig sein, denn Betriebsunterbrechungen verursachen hier in kürzester Zeit Kosten in nicht tolerierbarer Höhe: Wenn es beispielsweise in einem Lebensmittelverarbeitenden Betrieb zu Verzögerungen kommt und ganze Chargen verderben, wenn in einem Umspannwerk Fehler auftreten, die zu einem Stromausfall führen, oder wenn intelligente Verkehrsleitsysteme, mit denen das Verkehrsgeschehen beeinflusst wird, plötzlich ausfallen.

Der Abschnitt „Die Geschichte industrieller Netzwerke“ beschreibt den Fortschritt, der hinsichtlich Redundanzstrategien in industriellen Netzwerken und Fehlerbehebungsprotokollen über die Jahre erzielt worden ist. Die meisten Redundanzmechanismen sind jedoch mit einer Neukonfigurierung des Netzwerks verbunden, was eine Unterbrechung der Kommunikation während des Umstellungsprozesses bewirkt. Hierbei kann es bei komplexen Netzen durchaus zu so langen Unterbrechungen kommen, dass die Steuerung aufgrund dieser Störung den Betrieb der Anlage unterbricht.

IEC 62439 definiert Protokolle für hochzuverlässige Netzwerke in unternehmenskritischen Anwendungen: PRP (Parallel Redundancy Protocol) sowie HSR (High-Availability Seamless Redundancy). PRP und HSR gewährleisten im Fehlerfall einen unterbrechungsfreien Datenstrom und erhöhen so die Zuverlässigkeit von Netzwerken. Die Unterbrechungsfreiheit wird durch die Duplizierung von Paketen in einem Netzwerk und die Versendung an ihren Zielort über getrennte Wege erreicht. Wenn das System fehlerfrei arbeitet, wird das Duplikat einfach verworfen. Geht ein Datenpaket aufgrund eines Netzwerkfehlers verloren, erreicht das duplizierte Datenpaket sein Ziel über einen anderen Weg.

PRP realisiert den doppelten Transport der Daten mit zwei parallelen, physikalisch getrennten Netzen. So kann nahtlos umgeschaltet werden, wenn Verbindungen und Switches in einem der beiden LANs ausfallen. HSR basiert auf einem Ring, in dem die verdoppelten Datenpakete in unterschiedlichen Richtungen umlaufen. HSR führt das Konzept von Dual Attached Nodes (DANs) ein, die über zwei Ringports verfügen und das Redundanzmanagement abwickeln. Nicht HSR-fähige Geräte können über Redundanz-Boxen (RedBoxes), externe 3 Port Switches mit HSR Funktion, an diese Ringe angeschlossen werden.

### Technischer Support

Die wesentlichen wirtschaftlichen Vorteile von Embedded Ethernet Switches sind für den Gerätehersteller die schnelle Markteinführung bei gleichzeitig reduzierten Entwicklungskosten.

Dies kann am besten erreicht werden, wenn der Switch-Anbieter das Entwicklungsteam des Geräteherstellers durch einen Applikationsingenieur unterstützt. Dies gilt für die Entwicklungsphase und darüber hinaus auch für den gesamten Produktlebenszyklus in Bezug auf mögliche Funktionserweiterungen und Softwareaktualisierungen.

Darum ist es bei Embedded Technologien entscheidend, einen Switchhersteller zu wählen, der umfassende Erfahrung in industriellem Netzwerkdesign hat und über Supportmöglichkeiten vom Applikationsingenieur bis hin zum Entwicklungsteam bietet.

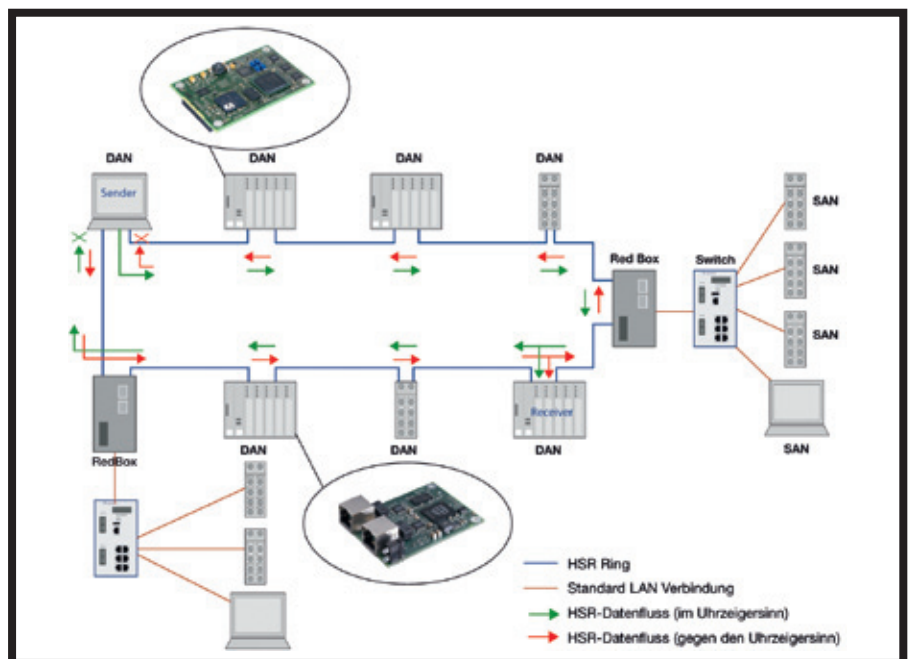


Abb. 4 Eine Kombination aus Stand-alone und Embedded Switches ist eine optimale Konfiguration für industrielle Umgebungen.



## Anwendungsbeispiel

Ein gutes Beispiel für einen Markt, der von Embedded Switches profitiert, ist die Lebensmittelverarbeitung. Anlagen für Lebensmittelverarbeitung müssen häufig mit Flüssigkeiten unter hohem Druck und starken Chemikalien gereinigt werden. Außerdem müssen sie extremen Temperaturen standhalten – von hohen Temperaturen in Öfen bis hin zu niedrigen Temperaturen im Kühl- und Frostbereich. Durch Embedded Switches ist eine geringere Zahl von Geräten notwendig. Dadurch gibt es auch weniger Stellen, an denen Fehler auftreten können, und zudem wird Platz eingespart. In anderen Anwendungen wie der Förder- und Transporttechnik sind der geringe Platzbedarf und die Einsparung durch Integration mehrerer Funktionen in einem Gehäuse schlagkräftige Argumente für das Einbetten von Switches in Automatisierungsgeräte.

Ein Stand-alone Switch kann dieselbe Funktionalität wie ein Embedded Switch aufweisen, jedoch gibt es immer Unterschiede beim Formfaktor und bei den Schnittstellen.

Abbildung 4 (vorherige Seite) zeigt eine Anwendung, bei der separate Managed Switches mit hoher Portzahl und Embedded Ethernet-Systeme kombiniert werden.

Embedded Ethernet Switches sind überaus vorteilhaft für komplexe Automatisierungssysteme und bieten leistungsstarke Netzwerkfunktionalität in verteilten Anlagen mit Schutzgeräten, Remote Terminal Units (RTUs) und Kommunikations-Gateways.

In Abbildung 4 (vorherige Seite) sind Ethernet Switches und Embedded Ethernet Boards mit HSR in ein hoch zuverlässiges industrielles Ethernet-Netzwerk integriert. Duplizierte Datenpakete sind in einer redundanten Ringstruktur in Umlauf. Ein Paket wird gegen den Uhrzeigersinn (rote Pfeile) geschickt, während das andere im Uhrzeigersinn weitergegeben wird (grüne Pfeile). Geht ein Paket aufgrund von Kabelbruch oder eines anderen Übertragungsfehlers verloren, erreicht das andere Paket sein Ziel ohne Beeinträchtigung. Dual Attached Nodes (DAN) und Redundanz-Boxen (Red Box) sorgen für einen nahtlosen Datenfluss durch das Netzwerk.

## Zusammenfassung

In den letzten 20 Jahren hat Ethernet einen großen Beitrag zur Effizienz und Zuverlässigkeit von industriellen Abläufen geleistet. Je mehr sich Ethernet als Standard in der industriellen Automatisierung durchsetzt, desto

größer wird das Bestreben, es in die Maschinen selbst zu integrieren. Neu eingeführte Protokolle, die Echtzeitredundanz bieten, beschleunigen das Eindringen von Ethernet in industrielle Anwendungen.

Mit Embedded Ethernet Switches besteht die Möglichkeit, Automatisierungsgeräte mit Switching-Funktionen in kurzer Zeit auf den Markt zu bringen. Die Embedded Ethernet Switches sind nach dem Drop-in Prinzip gebaut. Hersteller von Automatisierungsgeräten konzentrieren sich auf Ihre Kernkompetenz indem sie vorkonfigurierte und vorgeprüfte Embedded Switches verwenden. Das erlaubt Ihnen Ethernet-basierte Maschinen mit moderner Netzwerktechnologie schnellstmöglich auf den Markt zu bringen und mit den Switchfunktionen Mehrwert für Ihre Kunden zu bieten.

Durch die Entscheidung Embedded Ethernet Switches einzusetzen können Sie als Hersteller von Automatisierungsgeräten mit geringem Aufwand einen Wettbewerbsvorteil erlangen und Ihren Kunden Ethernet-Funktionalität und Zukunftssicherheit bieten. Embedded Switches können bei Bedarf mit Softwarepaketen aktualisiert und sogar um zusätzliche Funktionen erweitert werden.

## Referenzen

1. „Enormes Wachstum für Embedded Systeme“ (Tremendous Growth for Embedded Systems), Markt&Technik, Nr. 11, 3. Dezember 2010, Seite 10
2. ARC Insights, 30. JUNI 2011, „Embedded Ethernet Switching Expands Beyond Motion Control“, von Chantal Polsonetti und Harry Forbes
3. „Asynchronous Traffic Signaling over Master-Slave Switched Ethernet Protocols“, R. Marau, P. Pedreiras, L. Almeida, DETI-IEETA Universidade de Aveiro, [http://rtn2007.loria.fr/10\\_Paper.pdf](http://rtn2007.loria.fr/10_Paper.pdf)
4. „The Key to Success—Managing Your Network“, Siemens, November 2011 [http://www.automation.siemens.com/wcmsnewscenter/details.aspx?xml=/content/10001666/en/gc/Pages/412\\_10\\_NetworkManagement.xml&xsl=publication-en-www4.xsl](http://www.automation.siemens.com/wcmsnewscenter/details.aspx?xml=/content/10001666/en/gc/Pages/412_10_NetworkManagement.xml&xsl=publication-en-www4.xsl)
5. „Last Piece of Substation Standards Puzzle Solved“, Ines Zhaw, Industrial Ethernet Book September 2010 <http://iebmedia.com/index.php?id=7294&parentid=63&themeid=255&hft=60&showdetail=true&bb=1>