

WP00010

**Industrielle WLAN-Technologie für Eisenbahnsysteme**

*Richard Weatherburn  
Vertical Marketing Manager, Bereich  
Transport  
Belden  
Richard.Weatherburn@belden.com*



**Inhaltsverzeichnis**

**Kurzdarstellung**..... 1  
**Drei Trends für die steigende Nachfrage nach Wireless-Technologie in Zügen** ..... 2  
**Wichtige Aspekte und Herausforderungen an die industrielle WLAN-Technologie**..... 3  
**Erfolgreiche Integration der Wireless-Technologie in Zügen**..... 4  
**Zusammenfassung** ..... 5  
**Referenzen**..... 6

**Kurzdarstellung**

Menschen möchten vor allem mit schnellen, bequemen, sicheren und zuverlässigen Transportmitteln reisen, unabhängig davon, ob sie geschäftlich oder privat unterwegs sind. Wenn Bahnunternehmen die Menschen dazu bewegen möchten, ihre privaten Fahrzeuge stehen zu lassen und öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, müssen sie mit dem technologischen Fortschritt mithalten und die Kundenerwartungen erfüllen können.

Vom persönlichen Internetzugang für Smartphones, über jederzeit verfügbare Unterhaltungsmöglichkeiten an Bord, bis hin zu den neusten Reiseinformationen – die Anforderungen der Fahrgäste an öffentliche Verkehrsmittel steigen stetig an. Es handelt sich dabei nicht mehr um Luxuswünsche, sondern um ein Standardangebot. Die im Hintergrund laufende Netzwerkinfrastruktur muss zur zuverlässigen Bereitstellung dieser drahtlosen Technologien sowie zur Steuerung und Kontrolle der heutigen modernen Transportsysteme ebenso hoch entwickelt sein.

Seit etlichen Jahren setzen industrielle Automatisierungsanwendungen auf industrielles Ethernet und lösen sich von der konventionellen Feldbus-Technologie. Während die herkömmliche Feldbus-Technologie relativ einfach und äußerst zuverlässig ist, bietet Ethernet viele zusätzliche Vorteile, darunter zusätzliche Flexibilität, Benutzerfreundlichkeit und Echtzeitkommunikation.

Bisher waren in Zügen viele Geräte und Protokolle inkompatibel, und die Systeme konnten nicht zu einem einzelnen integrierten Netzwerk zusammengeführt werden, wie es heute erforderlich ist. Mit Industrial-Ethernet lassen sich Teilnehmer auf Basis einer standardisierten globalen Technologie (IEEE 802.3<sup>1</sup>) individuell vernetzen, sodass auch in einem Personenzug heute ein integriertes industrielles Ethernet-Netzwerk entstehen kann.

Die industrielle Ethernet-Netzwerk-Architektur bringt eine ganze Reihe von Vorteilen mit sich, wie zum Beispiel die Möglichkeit der Systemvernetzung, größere Flexibilität und einfacheres Hinzufügen von drahtlosen lokalen Netzwerken (WLANs), die in Summe die Grundlage für neue Anwendungen und Dienstleistungen für Fahrgäste bilden.



Gegenstand dieses White Papers ist die Frage, wie Wireless-Technologie im Kontext der Transportbranche, insbesondere der Bahnindustrie, dazu beitragen kann, die Kundenanforderungen zu erfüllen sowie die neusten Technologien zu integrieren, während gleichzeitig lückenlose Sicherheit und geringe Ausfallzeiten oder Verspätungen gewährleistet sind. Mit Bahnindustrie sind alle Eisenbahnvarianten gemeint, angefangen von regionalen und länderübergreifenden Hochgeschwindigkeitszügen bis hin zu Straßenbahnen, U-Bahn- bzw. Metrosystemen in Großstädten.

### Drei Trends für die steigende Nachfrage nach Wireless-Technologie in Zügen



Es gibt drei Schwerpunktbereiche, die anschaulich zeigen, warum drahtlose Technologie für moderne Eisenbahnsysteme immer wichtiger wird.

1. **Erwartungen der Fahrgäste** – Vor dem Hintergrund der Passagierbedürfnisse versuchen Bahnunternehmen Reisende dazu zu bewegen, vom Auto auf die Schiene umzusteigen. Ein klares Alleinstellungsmerkmal und gleichzeitig ein wesentlicher Faktor für diesen Trend ist die Fähigkeit der Bahnunternehmen, drahtlosen Internetzugang in den Zügen anzubieten. Eine Untersuchung der Reisenden auf der Capitol-Corridor-Route entlang der US-Westküste in 2012 ergab, dass die Verfügbarkeit von kostenlosem WLAN-Zugang einen Anstieg der Passagierzahlen um rund drei Prozent<sup>2</sup> bewirkte. Zusätzlich zum Wi-Fi sollen Echtzeitinformationssysteme für Fahrgäste aktuelle Informationen zu Ankunftszeiten, Anschlusszügen und Bahnsteignummern live bereitstellen. Ein weiteres Interessengebiet sind Unterhaltungsangebote an Bord, unter anderem Filme und TV-Shows – und industrielle Wireless-Produkte sind die Grundvoraussetzung für all diese Dienste im Personenverkehr.



2. **Flexible Konfigurationen** – Um den Gewinn zu maximieren und die Kosten niedrig zu halten, werden Züge oft neu konfiguriert, um sich ändernden Kapazitätsanforderungen anzupassen.

Zum Beispiel werden Gruppen von Schienenfahrzeugen, die sogenannten „Zuggarnituren“ oder „-formationen“, in Stoßzeiten, wenn die meisten Menschen öffentliche Verkehrsmittel nutzen, zusammengeführt. Im Umkehrschluss können Bahnunternehmen in ruhigen Phasen die Anzahl der sich in Betrieb befindlichen Schienenfahrzeuge reduzieren. Diese Rangieraktivitäten werden oft an Bahnhöfen vorgenommen, wo die Ausführung der Kupplungs- und Entkupplungsvorgänge bei den Schienenfahrzeugen schwierig und zeitaufwendig sein kann. Die Wireless-Technologie stellt jedoch die ideale Lösung für dieses Verbindungsproblem dar, indem sie einen schnelleren und sicheren Kupplungsprozess ermöglicht.

3. **Produktivitätsanforderungen** – Die an die Züge gestellten Leistungsanforderungen werden immer höher aufgrund der Notwendigkeit für verbesserte Treibstoffeffizienz, höhere Zuverlässigkeit, kürzere Verweilzeiten an Bahnhöfen, kürzere Abstände zwischen den Fahrten, weniger Bordpersonal (möglicherweise ohne Zugführer) und höhere Sicherheitsanforderungen. Das heißt, dass die Nachfrage nach Diagnose- und Steuerungssystemen ebenfalls steigt. Zur Sicherstellung der erwarteten Leistungsfähigkeit der Personenzüge müssen Datenerfassung und Überwachung auf einer Reihe von Bordsystemen laufen, und immer öfter setzt sich der Datenfluss über die Zuggrenzen hinaus fort. Die Berichte aus den Diagnosesystemen werden heutzutage zurück an die Depots geleitet, noch bevor der Zug zur Wartung ins Depot fährt, sodass Ersatzteile und Werkzeuge organisiert werden können. Systeme für Sitzplatzreservierung und Ticketverkauf stellen Echtzeitreiseinformationen für die Fahrgäste bereit. Communications Based Train Control (Funkbasierte Zugsteuerungssysteme; CBTC) ermöglichen mithilfe von drahtloser Technologie die Fernsteuerung von Zügen. Die Beispiele und Anwendungsmöglichkeiten für die Wireless-Technologie sind schier unendlich.



## Wichtige Aspekte und Herausforderungen an die industrielle WLAN-Technologie

Zwar gibt es viele Vorteile für die Wireless-Technologie und deren Möglichkeit, dadurch den wesentlichen Trends zu begegnen. Dabei ist es aber auch wichtig, einige der Herausforderungen zu nennen, vor welchen die Bahnindustrie bei der Ausstattung der Züge mit drahtlosen Funktionen steht.

Kompromisslose Verkehrssicherheit und hochverfügbare Netzwerke haben unter anderem die höchste Priorität für die Transportindustrie. Jeder Industriezweig hat spezifische Protokolle sowie einzuhaltende Zertifizierungen und in der Bahnindustrie sieht es nicht anders aus. Es gibt strenge Vorgaben, die bei jeder Art von durch Bahnunternehmen bzw. Systemintegratoren installierter drahtloser Technologie und installierten Vernetzungsgeräten vorausgesetzt werden.

Diese Standards sind:

- **Global:** International Electrotechnical Commission (IEC)<sup>3</sup>
- **Europa:** European Standard (EN)<sup>4</sup>
- **Nordamerika:** Association of American Railroads (AAR)<sup>5</sup>, American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA)<sup>6</sup> and Underwriters Laboratories (UL) Standards<sup>7</sup>

Die beiden meistverbreiteten Standards, die fast als zwingend gelten, sind:

- **EN 50155** bezieht sich auf alle elektronischen Einrichtungen auf Bahnfahrzeugen und enthält klimatische, physische und elektrische Anforderungen
- **EN 45545** legt detailliert die Brandschutzanforderungen für elektronische Einrichtungen in Schienenfahrzeugen fest

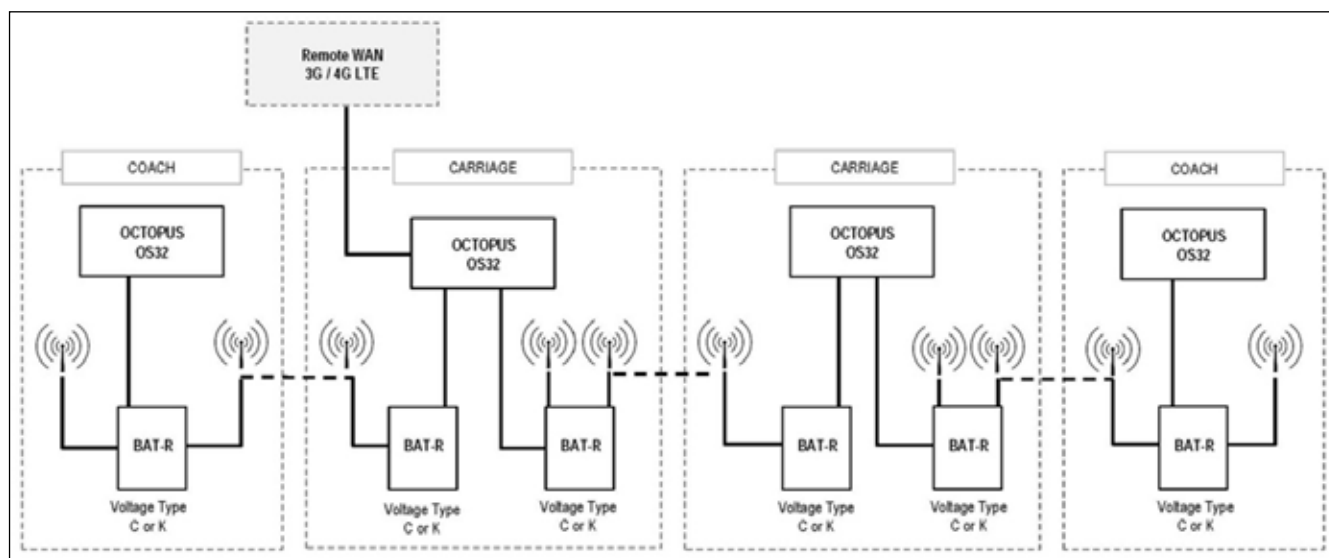
Zusätzlich gibt es neue aufkommende Standards, die das Ethernet-Konzept in Bahnfahrzeugen näher spezifizieren und definieren wie beispielsweise:

- **IEC EN 61375<sup>8</sup>** bezieht sich auf die Architektur von Datenkommunikationssystemen in offenen Zügen, unter anderem auch auf die Kommunikation unter den Fahrzeugen, in den Fahrzeugen und vom Zug zum Bahnhof – diese Komponenten sind als Train Communication Network oder TCN bekannt.
- **IEC EN 62580<sup>9</sup>** spezifiziert die allgemeine Architektur der Multimedia- und Telematiksubsysteme (Multimedia and Telematic Subsystem; OMTC) auf Bahnfahrzeugen und schließt Videoüberwachung und das Closed-Circuit Television-System (CCTV System) sowie Dienste für den Zugführer, das Personal, die Fahrgäste, den Betreiber und den Wartungsdienst mit ein.

Wenn die Netzwerkgeräte einmal im Schienenfahrzeug installiert sind, könnte sich deren Instandhaltung bzw. deren Austausch schwierig gestalten, sodass die präventive Wartung auf ein Minimum reduziert werden muss. Da diese Tätigkeiten auf die geplanten Wartungszeiträume (z. B. außerhalb des normalen Fahrgastbetriebs) beschränkt sind, ist die Zuverlässigkeit dieser Netzwerke eine wichtige Voraussetzung.

Sicherheit hat auch größte Bedeutung für die Bahnindustrie. Wenn ein Zug in einen Unfall verwickelt ist, könnte es zu Personenschäden kommen, sodass später das Unternehmen, das ein Verschulden trifft, mit negativen Schlagzeilen konfrontiert wird. Die oben erwähnten Standards stellen sicher, dass die Sicherheit auf allen Ebenen Berücksichtigung findet, von den Produkten bis hin zum Netzwerkdesign. Das oberste Ziel ist der sichere Betrieb des gesamten Zuges.

Letztlich sind Schienenfahrzeuge teuer. Die einzelnen Eisenbahnwagen kosten ab 1,35 Mio. EURO aufwärts und werden oft von dem Bahnunternehmen geleast. Wenn ein Schienenfahrzeug nicht im Betrieb ist – mit anderen Worten, wenn keine zahlenden Fahrgäste am Bord sind – kostet der Leerlauf der Fahrzeuge den Betreiber im Grunde Geld. Das heißt, dass die Installation und Inbetriebnahme aller Produkte an Bord so einfach und unkompliziert wie möglich sein müssen, damit der Fahrzeugausfall minimal ist.



**Abbildung 1:** Dieses Diagramm zeigt ein typisches Wireless-Netzwerk-Design für einen Zug, auf welchem drahtlose Onboard-Wireless-Verbindungen erforderlich ist.

### Erfolgreiche Integration der Wireless-Technologie auf Zügen

Zur Erfüllung der Kundenerwartungen, der Ermöglichung flexibler Zuggarnituren und Leistungserbringung trotz steigender Produktivitätsanforderungen muss industrielle Wireless-Technologie angebunden werden. Der Einsatz von Wireless-Ethernet in Zügen bietet zudem viele Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit und des Komforts für die Fahrgäste, und zur Steigerung der Produktivität und Flexibilität für die Bahnunternehmen.

Folgende Punkte müssen zur erfolgreichen Integration der industriellen drahtlosen Produkte im Eisenbahnumfeld berücksichtigt werden:

- **Raue Umgebung.** In der Bahnindustrie gibt es spezifische Herausforderungen, die auf die Umgebungsbedingungen zurückzuführen sind. Die in Zügen eingebauten Produkte müssen widerstandsfähig sein, da sie einer Reihe von Verschleißfaktoren ausgesetzt sind, wie z. B. Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit durch Regen, Schnee und Graupel. Bahnunternehmen benötigen robuste Produkte, die speziell für die rauen Umweltbedingungen in der Bahnindustrie gestaltet und gebaut sind. Zum Beispiel Access Points, die an DIN-Rails montiert oder am Zugdach angebracht werden können, oder andere

Netzwerkprodukte, die bei Temperaturen von  $-40\text{ °C}$  bis  $+70\text{ °C}$  funktionieren und einer elektrostatischen Entladung von bis zu 25 kV standhalten können. Darüber hinaus wird zur Beseitigung von jeglichen Störungen eine Technologie benötigt, die konkurrierende Funkfrequenzen zuverlässig eliminiert, sodass stabile drahtlose Verbindungen zu jeder Zeit gewährleistet sind.

- **Redundanzmaßnahmen.** Die Zuverlässigkeit ist ein Schlüsselfaktor in der Transportindustrie, daher müssen Ausfallsicherungsmaßnahmen ergriffen werden, um den Netzwerkbetrieb in Zügen aufrecht zu erhalten. Ausfälle bzw. Verspätungen verursachen Kosten und wirken sich negativ auf die Zufriedenheit der Fahrgäste aus. Speziell für den Fall von drahtlosen Verbindungen können die Zuverlässigkeit und Qualität durch den Einsatz von Produkten mit einem eingebauten Parallel Redundancy Protocol (PRP)<sup>10</sup> erheblich verbessert werden. Demzufolge können die in der Bahnindustrie oft eingesetzten ausfall- und latenzempfindlichen Produkte mit einer industriellen Wireless-Technologie erfolgreich betrieben werden.
- **Zentrales Management.** Drahtlose Netzwerkfunktionen ermöglichen auch das Remote-Management und die Überwachung des Netzwerks, einschließlich der Verkehrssteuerung und der Fahrgastinformationssysteme,

von einem zentralen Standort aus. Eine Netzwerkmanagementsoftware kann zum Beispiel die Topologie des Zugnetzwerks erkennen und die Informationen zur Nummerierung der Waggons und sogar zur Zuweisung bestimmter Sitzplätze nutzen. Eine Momentaufnahme der Belegung der einzelnen Wagen ist ebenfalls möglich.

- **Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen.** Industrielle Wireless-Produkte können eine wichtige Rolle bei der Erhöhung der Sicherheit von Reisenden und dem Schutz des Zugnetzwerks spielen. Mit IP-basierten Kameras wird zum Beispiel die Überwachung von Bahnhöfen und Zügen gewährleistet, derweil ermöglichen drahtlose Access Points die sichere drahtlose Übertragung von Videoinformationen.
- **Standards und Zertifizierungen.** Wie bereits oben dargelegt, müssen in der Bahnindustrie, je nach geographischer Lage, spezifische Standards für den industriellen Netzwerkbetrieb eingehalten werden. Bei der Integration von drahtloser Technologie ist es wichtig, Netzwerk- und Anschlussprodukte zu wählen, die auch den WLAN-Übertragungsstandard IEEE 802.11n<sup>11</sup> unterstützen und die relevanten landesspezifischen Zertifizierungen für die globale Bahnindustrie vorweisen können.



- **Zukünftige Trends und Entwicklungen.** Ein industrielles Ethernet-Netzwerk ist grundsätzlich flexibel und leicht erweiterbar, sodass es bestens an zukünftige Trends in der Transportindustrie angepasst werden kann. Ethernet-Netzwerke erlauben die Erhöhung der Datenübertragungsraten und ermöglichen eine flexible Programmierung für moderne, schnelle Zugnetzwerke. Funktionen wie Videoüberwachung der Bahnsteige für den Zugführer oder Front-Kameras zur höheren Sicherheit sind dank drahtloser Ethernet-Technologie ebenfalls möglich.

Abbildung 1 zeigt die typische Netzwerkkonfiguration eines Bordsystems eines Zuges. In diesem Szenario strebte das Bahnunternehmen eine schnelle und zuverlässige Übertragung von Betriebsdaten und Fahrgastinformationen über eine industrielle Ethernet-Infrastruktur sowie die Vernetzung von mehreren Onboard-Systemen über schnelle Ethernet-Switches an.

Der Betreiber stand vor mehreren Herausforderungen für diese Anwendung, unter anderem bestand die Notwendigkeit für Datenverbindungen zwischen den Schienenfahrzeugen mit Geschwindigkeiten von über 100 MBit/s und es sollten möglichst minimale Installationen mit wenig bis gar keinen Auswirkungen für die bestehende Verkabelung erfolgen.

Wie abgebildet, wurde das Netzwerk in mehrere Bereiche auf Basis physikalischer Parameter segmentiert, und für jeden Bereich wurden ein oder zwei Wireless-Access Points (OpenBAT-R) sowie ein industrieller Ethernet-Managed-Gigabit Switch (OCTOPUS OS32) eingerichtet.

Die ausgewählten Access Points verfügen über zwei Wireless-Module und können sowohl für interne Wi-Fi-Dienste als auch für die Kommunikation zwischen den Schienenfahrzeugen eingesetzt werden. Dank dieser dualen Funktion konnten potentielle Hindernisse bei der Installation reduziert werden.

Der Einsatz von drahtloser Technologie für die Wagen-zu-Wagen-Kommunikation ist eine ideale Lösung für die Nachrüstung von Zügen mit Ethernet-Services. Da keine Notwendigkeit für die Änderung

der vorhandenen Wagen-zu-Wagen-Verkabelung besteht, können Kosten niedrig gehalten werden und anschließende Sicherheitszertifizierungen einfacher und sicher erlangt werden.

Die in dieser Anwendung verwendeten Managed Gigabit Switches verfügen über Power over Ethernet (PoE)-Funktionalitäten und waren daher in der Lage, die drahtlosen Geräte direkt über Ethernet zu betreiben. Das machte die Installation von Netzteilen und Kabeln für die drahtlosen Geräte überflüssig, wodurch die Installation noch einfacher wurde und die Kosten weiter reduziert werden konnten.

Die Switches stellten für jedes Schienenfahrzeug auch lokale drahtgebundene Anschlüsse für alle anderen Ethernet-basierten Dienste und Anwendungen bereit. Dank ihrer Fähigkeit, jeweils bis zu zwei Gigabit-Ports pro Switch zu unterstützen, können die Switches an künftige Steigerungen der Übertragungsraten angepasst werden.

Letztlich war es diese Kombination von durchdachtem Netzwerkdesign und den richtigen Produkten, die dieses Bahnunternehmen in die Lage versetzte, sein Netzwerk auf den neusten Stand zu bringen und zukunftssicher zu gestalten. Die Erschließung der neusten Wireless-Technologie ermöglichte es, eventuelle Hindernisse zu umgehen und die festgelegten Netzwerk- und Verbindungsziele zu erreichen.

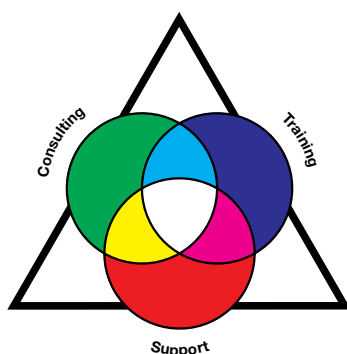
## Zusammenfassung

Industrielle Netzwerke in der Bahnindustrie sollen dazu beitragen, das Gleichgewicht zwischen den Anforderungen der Reisenden und der Bahnunternehmen zu wahren, indem sie ein hohes Maß an Zuverlässigkeit, Sicherheit und Komfort gewährleisten. Unter Berücksichtigung der anspruchsvollen Bedingungen in der Bahnindustrie werden für das Netzwerk spezielle robuste Produkte benötigt, die auch die strikten Standards hinsichtlich Redundanzen, Verfügbarkeit und Datensicherheit erfüllen. Der Einsatz von industriellem WLAN bringt viele Vorteile, aber auch einige neue Herausforderungen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit mit sich.

In diesem White Paper wurden viele neue Trends in der Bahnindustrie benannt, doch die Netzwerktechnologie und die Kundenerwartungen entwickeln sich immer weiter. Die Komplexität der Schienenfahrzeuge wird zunehmend höher und die Übertragungsraten werden weiter steigen, um neuen Anwendungen gerecht zu werden. Die Industriestandards werden sich ebenfalls weiter entwickeln. Das führt zur Notwendigkeit eines Netzwerks, das für zukünftige Upgrades und Erweiterungen konzipiert wurde, und das sowohl den aktuellen Bedarf deckt, als auch zukünftigen Anforderungen und Trends gewachsen ist.

## Referenzen

- 1 802.3-2012 – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standard for Ethernet. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.3-2012.html>
- 2 The European Market for Train-Based Wireless Broadband Services 2012. Published by BWCS Ltd. <http://www.bwcs.com/mainsub.cfm?l1=16258&l2=16369>
- 3 International Electrotechnical Commission (IEC). <http://www.iec.ch/>
- 4 European Standard (EN). <http://www.cencenelec.eu/standards/DefEN/Pages/default.aspx>
- 5 Association of American Railroads (AAR). <https://www.aar.org/>
- 6 American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association. <https://www.arena.org/>
- 7 Underwriters Laboratories (UL) Standards. <http://ulstandards.ul.com/>
- 8 IEC EN 61375 "Train Communication Network (TCN)." <https://webstore.iec.ch/publication/5397>
- 9 IEC EN 62580 "Onboard Multimedia and Telematic Subsystems For Railways." <https://webstore.iec.ch/publication/21817>
- 10 White Paper: Parallel Redundancy Protocol Notably Improves Industrial Wireless Reliability. <http://info.belden.com/wireless-cp1-bc-lp>
- 11 802.11n-2009 – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standard for Information Technology – Local and Metropolitan Area Networks. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11n-2009.html>



## Belden Competence Center

Die zunehmende Komplexität von Kommunikations- und Vernetzungslösungen erhöht auch die Anforderungen in Bezug auf Planung, Implementierung und Wartung dieser Lösungen. Für Nutzer ist es daher entscheidend, auf aktuelles Fachwissen zugreifen zu können. Als verlässlicher Partner für Komplettlösungen bietet Belden unter dem Dach seines „Belden Competence Center“ kompetente Beratung, Konzeption, technische Unterstützung sowie Technologie- und Produktschulungsprogramme aus einer Hand. Darüber hinaus bietet Ihnen Belden mit dem weltweit ersten Zertifizierungsprogramm für Industrienetzwerke die passende Qualifikation für jedes Fachgebiet. Aktuelles Herstellerwissen, ein internationales Netzwerk sowie der Zugang zu externen Spezialisten garantieren Ihnen die bestmögliche Unterstützung für Ihre Produkte. Egal, welche Technologie Sie nutzen: Sie können sich auf unsere umfassende Unterstützung verlassen – von der Implementierung bis zur Optimierung jedes einzelnen Aspekts Ihrer täglichen Abläufe.

### Über Belden

**Belden Inc., ein weltweit führender Anbieter von hochwertigen Signalübertragungslösungen, bietet ein umfassendes Produktportfolio, das auf die Anforderungen unternehmenskritischer Netzwerkinfrastrukturen in den Branchen Industrie- und Gebäudeautomation sowie Broadcast zugeschnitten ist. Mit innovativen Lösungen für die zuverlässige und sichere Übertragung stetig wachsender Datenmengen für Audio- und Videoinformationen, die für moderne Anwendungen benötigt werden, übernimmt Belden eine Schlüsselrolle bei der globalen Veränderung hin zu einer vernetzten Welt. Das Unternehmen mit Hauptsitz in St. Louis, USA, wurde 1902 gegründet und betreibt Fertigungsstätten in Nord- und Südamerika, Europa und Asien.**

Für weitere Informationen besuchen Sie uns unter [www.beldensolutions.com](http://www.beldensolutions.com) und folgen Sie uns auf: [@BeldenInc](https://twitter.com/BeldenInc).

Belden, Belden Sending All The Right Signals, Hirschmann, GarrettCom, Tofino Security, Lumberg Automation und das Belden-Logo sind Handelsmarken oder eingetragene Handelsmarken der Belden Inc. oder verbundener Unternehmen in den USA und anderen Regionen der Welt. Sonstige hierin verwendete Marken und Bezeichnungen können das Eigentum von Belden und anderer Unternehmen sein.