



Auslegungsempfehlungen zur Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet

Version: 1.0.0
Datum: 23.12.2009

BECKHOFF

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
1.1	Hinweise zur Dokumentation	3
1.1.1	Haftungsbedingungen	3
1.1.2	Lieferbedingungen	3
1.1.3	Marken	3
1.1.4	Patente	3
1.1.5	Copyright	3
1.2	Sicherheitshinweise	4
1.2.1	Auslieferungszustand	4
1.2.2	Sorgfaltspflicht des Betreibers	4
1.2.3	Erklärung der Sicherheitssymbole	5
2	Überblick	6
2.1	Intention	6
2.2	Zusammenfassung der Hinweise	6
3	Grundlagen	10
3.1	Ethernet Grundlagen	10
3.1.1	Verbindungsherstellung	10
3.2	Übersicht über das Normenumfeld	11
3.3	Übertragungsstrecke	13
3.3.1	Leistungsvermögen einer Übertragungsstrecke	14
3.3.1.1	Auszug Kennwerte EN50173 Klasse D	15
4	Komponenten	16
4.1	Kabel	16
4.1.1	Kabelaufbau	17
4.1.2	Empfohlene Kabel	18
4.1.2.1	Meterware	18
4.1.2.2	EtherCAT Patch-Kabel	18
4.1.2.3	EtherCAT-Kabel mit M12-Steckverbindern	19
4.1.2.4	EtherCAT-Kabel, PVC, mit M8-Steckverbindern	20
4.1.2.5	EtherCAT-Kabel, PUR, Highflex, mit M8-Steckverbindern	21
4.2	Steckverbinder	23
4.2.1	Übergangsstellen	23
4.2.2	Bauformen	24
4.2.3	Empfohlene Steckverbinder	25
4.2.4	Empfohlene Schaltschrankdurchführungen	26
4.2.5	Andere Steckverbinder	26

5 Anhang	27
5.1 Beckhoff Support und Service	27
5.2 Beckhoff Firmenzentrale	27

1 Vorwort

1.1 Hinweise zur Dokumentation

1.1.1 Haftungsbedingungen

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiter entwickelt. Deshalb ist die Dokumentation nicht in jedem Fall vollständig auf die Übereinstimmung mit den beschriebenen Leistungsdaten, Normen oder sonstigen Merkmalen geprüft. Falls sie technische oder redaktionelle Fehler enthält, behalten wir uns das Recht vor, Änderungen jederzeit und ohne Ankündigung vorzunehmen. Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

1.1.2 Lieferbedingungen

Es gelten darüber hinaus die allgemeinen Lieferbedingungen der Fa. Beckhoff Automation GmbH.

1.1.3 Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, EtherCAT®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE® und XFC® 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 Bezeichnungen führen.

1.1.4 Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente: DE10304637, DE102004044764, DE102005009224, DE102007017835 mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.

1.1.5 Copyright

© Beckhoff Automation GmbH.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

1.2 Sicherheitshinweise

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist. Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig. Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

1.2.1 Auslieferungszustand

Die gesamten Komponenten werden je nach Anwendungsbestimmungen in bestimmten Hard- und Software-Konfigurationen ausgeliefert. Änderungen der Hard-, oder Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen sind unzulässig und bewirken den Haftungsausschluss der Beckhoff Automation GmbH.






1.2.2 Sorgfaltspflicht des Betreibers

Der Betreiber muss sicherstellen, dass

- die EtherCAT-Komponenten nur bestimmungsgemäß verwendet werden.
- die EtherCAT-Komponenten nur in einwandfreiem, funktionstüchtigem Zustand betrieben werden.
- nur ausreichend qualifiziertes und autorisiertes Personal die EtherCAT-Komponenten betreibt.
- alle an den EtherCAT-Produkten angebrachten Sicherheits- und Warnhinweise nicht entfernt werden und leserlich bleiben.

1.2.3 Erklärung der Sicherheitssymbole

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Sicherheitssymbole verwendet. Diese Symbole sollen den Leser vor allem auf den Text des nebenstehenden Sicherheitshinweises aufmerksam machen.

 GEFAHR	Akute Verletzungsgefahr! Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen.
 WARNUNG	Verletzungsgefahr! Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, besteht Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen.
 VORSICHT	Schädigung von Personen! Wenn der Sicherheitshinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Personen geschädigt werden.
 Achtung	Schädigung von Umwelt oder Geräten Wenn der Hinweis neben diesem Symbol nicht beachtet wird, können Umwelt oder Geräte geschädigt werden.
 Hinweis	Tipp oder Fingerzeig Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum besseren Verständnis beitragen.

2 Überblick

2.1 Intention

Ethernet als physikalisches Medium zum Transport von Echtzeit-Feldbusprotokollen findet einen wachsenden Markt im industriellen Umfeld. Damit Netzwerkgrundlagen aus dem Office-Bereich nicht unreflektiert auf industrielle Belange angewendet werden, gilt es Planer und Anwender für die technologischen Aspekte zu sensibilisieren.

EtherCAT als Echtzeit-Protokoll setzt auf Ethernet als physikalischem Träger auf, und ist auf einen langfristig stabilen Betrieb der Ethernet-Verbindung angewiesen. Die zugrundeliegende Hochfrequenztechnologie ist seit Jahrzehnten beherrscht und in den maßgeblichen Normen beschrieben. Zertifizierte Komponenten sorgen für problemlose Inbetriebnahme und Kompatibilität.

Wie bei anderen schnellen Übertragungssystemen können bei unsachgemäßer Anwendung auch bei der Hochfrequenztechnologie Ethernet störende Effekte im Betrieb oder bei der Inbetriebnahme auftreten. Diese Störungen sind bei Berücksichtigung weniger Grundsätze einfach zu lokalisieren bzw. ganz zu vermeiden. Mit dieser Dokumentation soll dem Anwender ein Leitfaden ohne verpflichtenden Charakter oder rechtlich bindende Wirkung an die Hand gegeben werden, um für das industrielle Umfeld eine reproduzierbar zuverlässige Ethernet-Verkabelung planen und auslegen zu können.

Die Bereiche Installation und Prüfung/Abnahme werden in gesonderten Dokumenten behandelt.

Dieses Dokument erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzt insbesondere nicht normative Installationsrichtlinien wie ISO/IEC 61784, grundlegende Kommunikationsrichtlinien wie ISO/IEC11801/EN50173 oder spezifische Installationsrichtlinien. Dieses Dokument richtet sich vorwiegend an den europäischen Markt.

2.2 Zusammenfassung der Hinweise

Aufbauend auf den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen Hinweise wie folgt zusammengefasst:

Normierte Leistungsklassen

Diese Leistungsklassen sind für den europäischen Raum normativ definiert in EN50173-1, z.B. "Klasse D". Entspricht eine Übertragungsstrecke nachweislich einer Leistungsklasse, ist sie konform zur EN50173. Ein Komponentenhersteller (Kabel, Steckverbinder) kann seine Produkte nach den Grenzwerten aus EN50173 et al. zertifizieren. Für die Einhaltung der Konformität einer Übertragungsstrecke kann die Verwendung ausschließlich nach EN50173-zertifizierter Komponenten ausreichend sein, im Einzelfall ist sie durch geeignete Messverfahren nach EN50346 nachzuweisen.

Europäische und US-amerikanische Normen

Es ist zu unterscheiden zwischen zertifizierten Ethernet-Komponenten nach

- europäischer Normenreihe: EN50173 (ähnlich der ISO/IEC11801)
- US-amerikanischer Normenreihe EIA/TIA 568

Beide Standards unterscheiden sich leicht und verwenden auch noch gleiche Begriffe wie Cat 5 oder Class D. Aber: nach TIA568-zertifizierte Komponenten dürfen in einer nach EN50173-erstellten Verkabelung nicht verwendet werden – es funktioniert zwar (höchstwahrscheinlich), die Verkabelung bzw. die gesamte Installationsstrecke ist aber nicht mehr normgerecht nach EN [EN50173-3, Kap. 1].

Normenreihen für industrielle Belange

Speziell für industrielle Belange wurden erweiternde Normenreihen (ISO24702, EN51918 et al.) geschaffen, die sich z.B. mit Umgebungsbedingungen oder mit protokollspezifischen Vorschriften befassen. Sie beeinflussen die elektrotechnischen Grundlagen nach EN50173 allerdings nicht.

Definition der Ethernet-Übertragungsstrecke (Channel)

Eine Ethernet-Übertragungsstrecke (engl.: channel) zeichnet sich durch eine (technisch bedingte) Leistungsfähigkeit aus, einen definierten Datendurchsatz [MBit/s] unter allen definierten Betriebsbedingungen und damit eine hohe Dienstqualität zuverlässig sicherzustellen.

Aufbau der Verbindungsstrecke

Nach EN50173-1 ist für eine Ethernet-Strecke eine Maximalkonfiguration von 90 Meter fest verlegtem Kabel plus zwei mal 5 Meter Geräteanschlusskabel zulässig, mit max. vier dazwischen liegenden Steckverbindern. Insgesamt also 100 Meter Channel-Länge. Andere Konfigurationen wie z.B. 100 Meter direkter Verbindung sind nach EN50173-3, Anhang B auszulegen und im Feld auf Konformität zur Leistungsklasse zu prüfen.

Erforderliche Verbindungs-Performance

Im EtherCAT-Anwendungsbereich wird nur die Verbindungs-Performance von Fast-Ethernet (100 Mbit/s) nach EN50173 Class D [bis 100 MHz] gefordert und im Folgenden behandelt. Die Forderung einer höheren Leistungsfähigkeit darüber hinausgehender Verbindungsklassen (Klassen E [bis 250 MHz], E_A, F [bis 600 MHz], F_A) durch den Anwender ist zulässig, technisch jedoch nicht begründet.

Anwendungsspezifische Verkabelung

Eine Übertragungsstrecke zur Übertragung von Ethernet-Telegrammen kann nach den Anforderungen dieser anwendungsneutralen Normen ausgeführt werden, muss es aber nicht. Sie stellt dann eine anwendungsspezifische Verkabelung dar. Erfahrungsgemäß funktionieren (manchmal) auch Verkabelungen, die weit außerhalb der normativen Spezifikation liegen. Gegebenenfalls sind Vorgaben und Einschränkungen des Komponentenherstellers zu beachten. So können z.B. typischerweise Längenbegrenzungen im Hinblick auf bestimmte Kabeltypen definiert werden. Insbesondere sind mittlerweile viele industrielle Ethernet-Kabel marktüblich, die über die normativen Spezifikationen hinausgehen und deshalb eine anwenderspezifische Verkabelung nach Herstellervorgabe darstellen. Zur Einhaltung der Verbindungsklasse einer solchen Kabelstrecke ist ein Zertifizierungstest vorzusehen.

Vereinbarungen treffen

Es wird empfohlen, dass zwischen Lieferanten und Anwendern Vereinbarungen über Beschaffenheit und Abnahmeverfahren in Bezug auf die eingesetzte Ethernet-Verkabelung getroffen werden.

Vermeidung grenzwertiger Verkabelungen

Eine grenzwertige Ethernet-Verkabelung kann unter Abnahmebedingungen zuverlässig funktionieren, unter Betriebsbedingungen (Alterung, EMV, Temperatur, Bewegung/Stoß) dann aber ausfallen.

Faktoren für die Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit (d.h. zuverlässige Übertragung von 10/100/1000 Mbit/s) einer Ethernet-Verkabelung ist generell abhängig von folgenden Faktoren

- der Kabelqualität (Dämpfung, Querschnitt, Kabelaufbau, Schirmung) der einzelnen Teilstrecken
- der Steckerqualität (Passung, Schirmung, Kabeltauglichkeit)
- der Anzahl der Steckverbindungen
- der Umgebungstemperatur (20...60°C, spezifiziert mit Derating nach EN50173)
- Umgebungseinflüssen (z.B. MICE-Klassifizierung nach EN50173-1, Kap. 5: Mechanical/Ingress/Climatic/Electromagnetic rating)

Möglichst wenig Steckverbindungen

Die Anzahl der Steckverbindungen zwischen den Endpunkten ist auf das erforderliche Minimum zu reduzieren.

Zulässige Kategorien

Zur Erreichung dieser Leistungsklasse sind nur Ethernet-Komponenten ab EN50173 Cat. 5 zulässig (siehe u.a. EN50173-3, Kap. 1.2). Komponenten nach EN50173 Cat. 5 sind damit ausreichend. Bei Verwendung von Wanddurchführungen/Doppelkupplungen müssen diese EN50173 Cat. 6 entsprechen, um die Leistungsfähigkeit der Gesamtstrecke nach Class D zu erreichen.

Verwendung von vieradrigen/zweipaarigen Kabeln

Für industrielles Fast-Ethernet werden häufig vieradrige/zweipaarige Kabel verwendet, im Gegensatz zu den in der Bürokommunikation üblichen voll belegten, achtadrigen/vierpaarigen Kabeln. Dies ist beim Abnahmetest zu beachten.

Kabelaufbau

Im allgemeinen Netzwerkbereich ist ein paariger Kabelaufbau üblich, d.h. je 2 als elektrisches Differentialpaar verwendete Adern sind paarig verseilt. Die entstehenden Paare sind wiederum verseilt und gegebenenfalls mit einer Abschirmung ummantelt.

Da insbesondere in einem bewegten Kabel (z.B. Schleppkettenbetrieb) die elektrischen Kennwerte und die mechanische Stabilität bei paariger Verseilung schwerer zu gewährleisten sind, wird im industriellen Umfeld bei vieradriger Belegung eine Gesamtverseilung als Sternvierer bevorzugt. Als Kernelement/Seele kommen Schnüre oder Trennsterne zum Einsatz.

Empfohlene Farbzuordnung

Bei einem vieradrigen/zweipaarigen Industrial-Ethernet-Kabel wird für die Signale TD+, TD-, RD+, RD- und den Schirm eine Farbzuordnung in Anlehnung an TIA-568B empfohlen (siehe Kapitel 4.2.5).

Empfohlene Kabelquerschnitte

Für die Kabelquerschnitte wird bei allgemeinem Einsatz empfohlen:

- Drahtaufbau: Litze (eng.: stranded) oder Starr-Ader
- Querschnitt: AWG26/7 bis AWG22/1 entsprechend 7 Adern 0,14 mm² (Litze) bis 0,34 mm² starr. Für hochflexible Kabel ist bis zu AWG26/19 im Gebrauch.

Ausschließlich geschirmte Ethernet-Kabel verwenden

Es wird empfohlen ausschließlich geschirmte Ethernet-Kabel nach EN50288-2 (STP, SF/UTP) einzusetzen. Der Schirm sollte an den Steckverbindern auf 360° Umfang kontaktiert werden.

Vermeidung von überlangen "Patch-Kabeln"

Vorsicht bei Verwendung sogenannter "Patch-Kabel" mit Längen von über 5 Metern! Handelsübliche Patch-Kabel sind nach EN50173-1, Kap. 9 deutlich großzügigeren Grenzwerten unterworfen als Kabel, die nach EN50288 zur festen Verlegung bestimmt sind. Eine Aneinanderreihung bzw. überlange Konfiguration ist zu vermeiden und ggf. mindestens durch Verifizierung zu überprüfen. Ein einfacher Durchgangstest reicht **nicht** aus!

Auch aus entsprechender Meterware gefertigte applikationsspezifische Patch-Kabel sind auf ihre Eignung zu prüfen. Beachten Sie in diesem Zusammenhang gegebenenfalls vorliegende Längenbegrenzungen seitens des Komponentenlieferanten.

Starre Ethernetkabel bevorzugen

Wenn möglich, wird der Einsatz starrer Ethernetkabel statt Litze empfohlen, da starre Ethernetkabel die besseren elektrischen Eigenschaften haben ($Dämpfung_{Litze} > Dämpfung_{starr}$).

Größere Aderquerschnitte bevorzugen

Wenn möglich, wird der Einsatz größerer Aderquerschnitte (z.B. AWG22 statt AWG26), empfohlen, da größere Aderquerschnitte die besseren elektrischen Eigenschaften haben ($Dämpfung_{dünn\ Ader} > Dämpfung_{dicke\ Ader}$). Bei Längen über 50 Meter kann ein zu geringer Querschnitt (AWG26) die Einhaltung der Leistungsklasse verhindern!

Ethernet-Verkabelung vor Inbetriebnahme überprüfen

Vor der Inbetriebnahme wird die Überprüfung der installierten Ethernet-Verkabelung empfohlen.

Ethernet-Verkabelung während des Betriebes überwachen

Während des Betriebes wird die Überwachung einer installierten Ethernet-Verkabelung mit Software-Diagnosemitteln (z.B. Beckhoff TwinCAT) empfohlen.

In Ansehung der angegebenen Normen lässt sich damit der Nachweisentscheid über eine Leitungsstrecke wie folgt treffen:

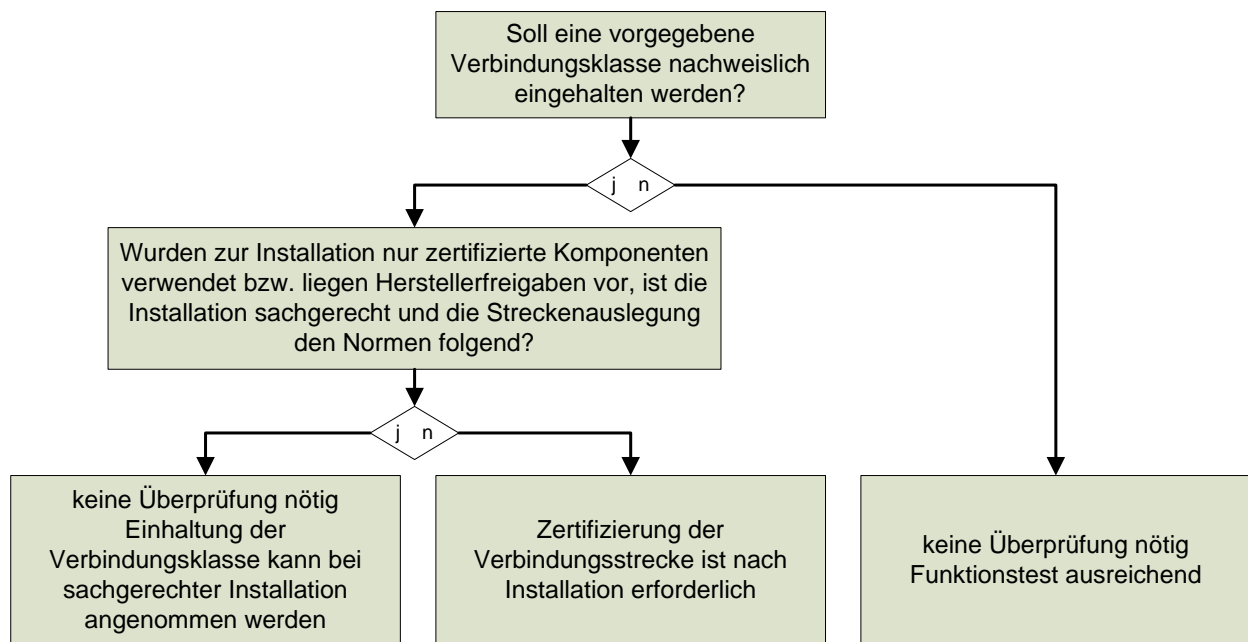


Abbildung 2-1: Nachweisentscheid

3 Grundlagen

3.1 Ethernet Grundlagen

Ethernet wird derzeit in verschiedenen Leistungsklassen verwendet, abhängig von der Übertragungsrate: 10, 100 oder 1000 MBit/s. Das hier ausschließlich behandelte Fast-Ethernet (100 MBit/s) als physikalisches Übertragungsverfahren nach ISO/IEC 8802-3 ist gekennzeichnet als

- Typ 100Base-TX
- voll duplexfähig, dadurch keine Kollisionsvermeidung nach CSMA/CD nötig
- Nutzung von nur 2 der 4 möglichen Adernpaare (Adern 1/2 und 3/6). Ein vieradrig belegtes Kabel ist damit ausreichend.
- Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen 2 intelligenten Teilnehmern, die Teile des Verbindungsaufbaus durch die Anschluss-ICs dynamisch aushandeln

Der 100 Mbit/s Nutzdatenstrom wird dreifach codiert:

1. Kodierung 4Bit/5Bit (ISO9314, zur Taktrückgewinnung), ergibt 125 Mbit/s Bruttodatenstrom
2. Kodierung NRZI (Non Return to Zero Inverted) zur Frequenzreduktion, ein Pegelwechsel bedeutet 1_{bin} , ergibt eine maximale Frequenz von 62.5 MHz.
3. Kodierung MLT-3 (zur Frequenzreduktion, 3 statt 2 Spannungszustände), ergibt eine maximale Signalfrequenz von 31,25 MHz auf dem Kabel. Die tatsächliche Frequenz ist vom Datenstrom abhängig und somit variabel.

Unter Berücksichtigung entstehender Oberschwingungen ist eine Verbindungs-Performance der Gesamtstrecke nach EN50173-1 Klasse D für Signale bis 100 MHz und somit für Fast-Ethernet (EtherCAT) ausreichend.

Gigabit-Ethernet arbeitet dagegen mit einer mittleren Signalfrequenz von 62.25 MHz und benötigt alle 4 Adernpaare. Prinzipiell ist eine vollbelegte Klasse-D-Strecke zur Übertragung geeignet. Da bei Gigabit-Ethernet allerdings alle 4 Adernpaare und diese auch noch gleichzeitig bidirektional genutzt werden, wird eine Streckenzertifizierung nach den verschärften Grenzwerten (Übersprechen, Rückflussdämpfung) nach ANSI/TIA/EIA-TSB-6 (TIA Cat. 5e) empfohlen.

3.1.1 Verbindungsherstellung

Die einfachste Diagnose einer Ethernet-Verbindung besteht im Beobachten der Link-Anzeige an beiden Endpunkten: wird ein Ethernet-Kabel an beiden Enden mit jeweils einem Gerät verbunden, beginnen sich beide Endstellen durch fortlaufendes Senden/Empfangen einer speziellen Bitfolge (dem Idle-Symbol) zu synchronisieren bzw. die Synchronisierung aufrecht zu erhalten. Dieses Idle-Symbol besteht aus der maximal möglichen Anzahl von Pegelwechseln da 5 Mal die "1" gesendet wird - das Senden einer "1" bedeutet im NRZI-Verfahren einen Pegelwechsel.

Damit hat ein Ethernet-Gerät ohne operativen Betrieb durch den ständigen Austausch von Idle-Symbolen ggf. einen höheren Stromverbrauch als im normalen Datenverkehr!

3.2 Übersicht über das Normenumfeld

Für den Bereich der Ethernet-Technologie ist eine größere Anzahl an Normen relevant, die sich beschäftigen mit

- Installation
- Kommunikationsprotokollen
- mechanischen/elektrischen Grenzwerten
- Komponentendefinitionen

In diesem Dokument wird der Teilbereich behandelt, welche Komponenten in welcher Zusammenstellung für die Leitungsstrecke eine gewünschte Leistungsklasse ergeben.

Drei Normative Gremien werden in dieser Einführung berücksichtigt:

- ISO: Gremium für internationale Normen <http://www.iso.org>
- EN/DIN: Gremium für europäische Normen bzw. deren deutsche Ausgaben durch das DIN <http://www.cenelec.eu>
- TIA/EIA: US-amerikanisches Normengremium <http://www.tiaonline.org/>

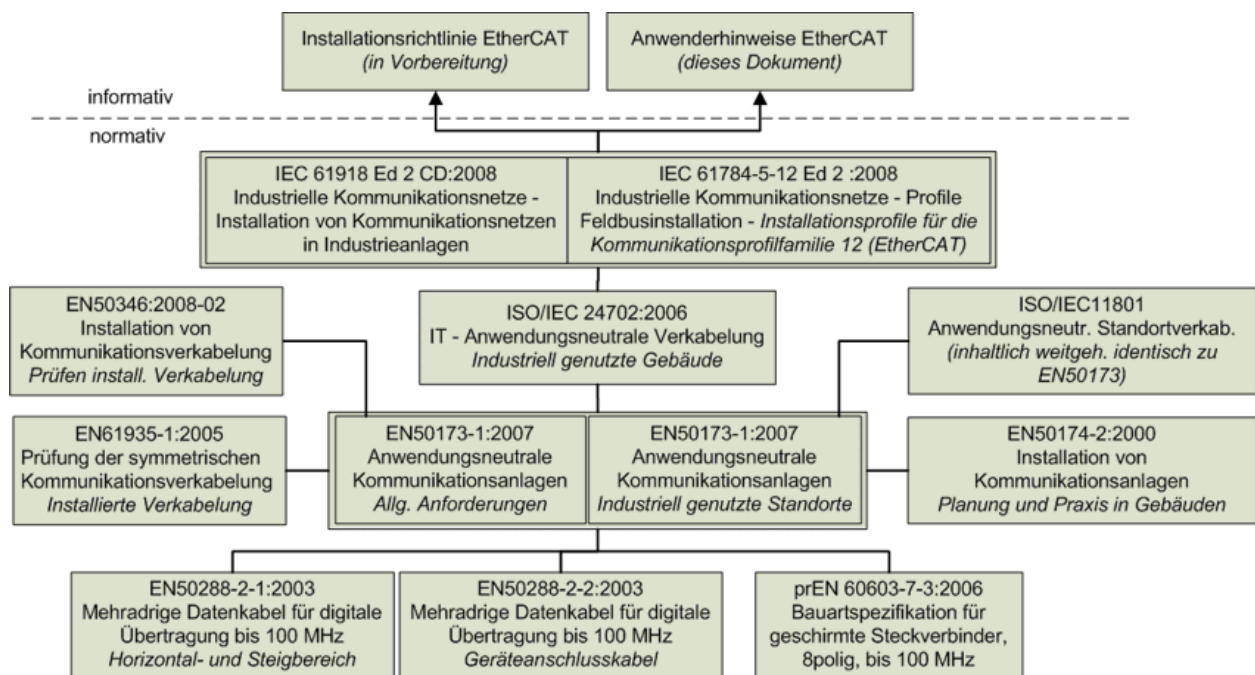


Abbildung 3-1: Normenübersicht (kein Anspruch auf Vollständigkeit)

Tabelle 3-1: Referenzen

Normen	Kommentar
EN50174-2:2000 prEN50174-2:2007	Informationstechnik: Installation von Kommunikationsverkabelung <ul style="list-style-type: none"> Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden
EN50288-2-1:2003 EN50288-2-2:2003	Mehradrige metallische Daten- u. Kontrollkabel für analoge u. digitale Übertragung <ul style="list-style-type: none"> Teil 2-1: Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 100 MHz Kabel für den Horizontal- und Steigbereich Teil 2-2: Geräteanschlusskabel und Schaltkabel
EN60603-7-2 EN60603-7-3	Steckverbinder für elektronische Einrichtungen <ul style="list-style-type: none"> Teil 7-2: Bauartspezifikation für ungeschirmte freie und feste Steckverbinder, achtpolig, für Datenübertragungen bis 100 MHz Teil 7-3: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, achtpolig, für Datenübertragungen bis 100 MHz
EN50173-1:2007 EN50173-3:2007	Informationstechnik Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen <ul style="list-style-type: none"> Teil 1: Allgemeine Anforderungen
IEC24702:2006	Informationstechnik <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsneutrale Verkabelung, Industriell genutzte Gebäude
IEC61784-5-12/WD	Industrielle Kommunikationsnetze <ul style="list-style-type: none"> Profile Feldbusinstallation Installationsprofile für die Kommunikationsprofilfamilie 12 (EtherCAT)
IEC61918 Ed.2.0	Industrielle Kommunikationsnetze <ul style="list-style-type: none"> Installation von Kommunikationsnetzen in Industrieanlagen

3.3 Übertragungsstrecke

Eine allgemeine Ethernet-Verkabelung (Twisted Pair) nach DIN EN 50173 ist gekennzeichnet durch:

- Maximal 90 Meter fest verlegtes (im Sinne der EN50288-x-1) Kabel plus zwei maximal 5 Meter lange Geräteanschlusskabel (im Sinne der EN50288-x-2). Ergibt zusammen maximal 100 Meter.
- Maximal vier Steckverbindungen zwischen den Endpunkten plus zwei Endsteckverbinder
- Kabel laut EN50288
- Doppelkupplungen (zur Verbindung von zwei RJ45-Steckern) werden gesondert behandelt und zählen im Normalfall als 2 Steckverbindungen.
- alle Kabel müssen denselben Nennwellenwiderstand aufweisen:
100 \pm 5 Ω bzw. 120 \pm 5 Ω @ 100 MHz

Die folgende Abbildung zeigt drei Modelle für die Abschnitte einer Übertragungsstrecke (Channel):

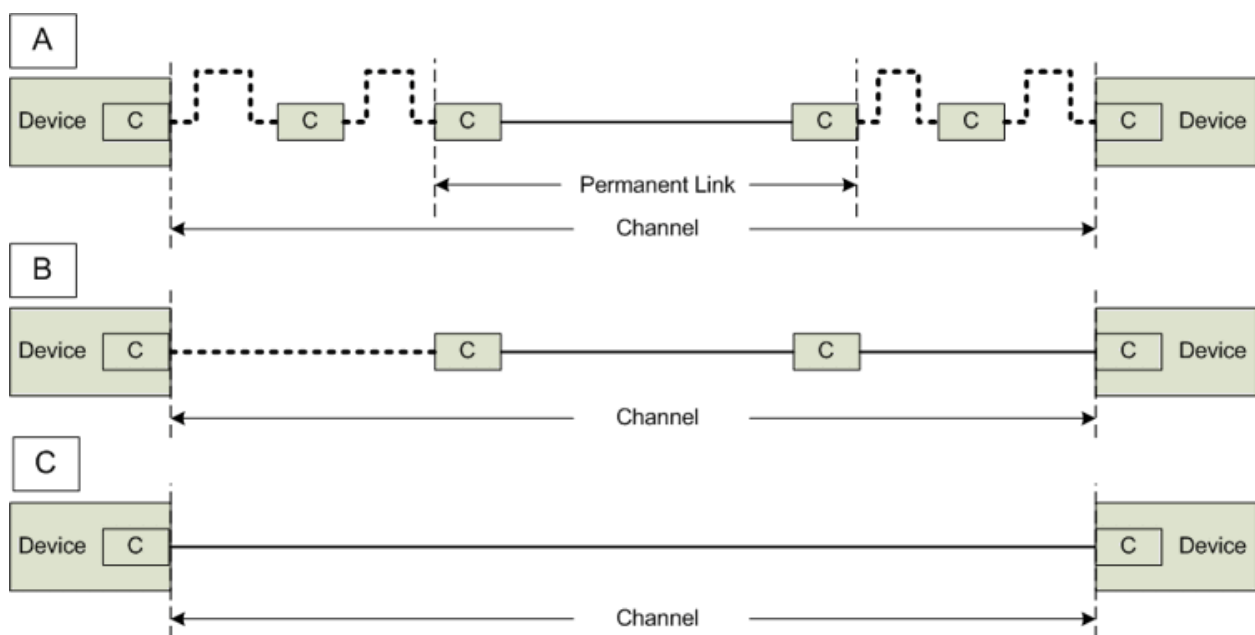


Abbildung 3-2: Modelle für die Abschnitte einer Übertragungsstrecke (Channel)

Model A

Model A bildet das maximal zulässige Modell nach EN50173-1 ab, bestehend aus

- maximal 90 m Permanent Link: fest verlegte Installationsstrecke mit Kabel nach EN50288-2-1
- 6 Steckverbindungen **C** insgesamt, inklusive den Endanschlusspunkten
- maximal 2 Geräteanschlusskabel (Patch-Kabel) nach EN50288-2-2,

Für Abnahmemessungen entscheiden ist dass

- eine Messung des Permanent Link nach EN50173-1, Anh. A die beiden Anschlusspunkte erfasst
- eine Messung des Channel nach EN50173-1, Kap. 5 die beiden Anschlusspunkte **nicht** erfasst

Der Zielmarkt der ISO11801/EN50173 "Gebäudetechnik-orientierte Netzwerk-Verkabelung" wird durch die Struktur (Rangierfelder, Zwischenverteiler, Etagenverteiler) deutlich. Die maximal vier Steckverbindungen können z.B. in Rangierfeldern auch anders auf der Kabelstrecke verteilt sein, siehe Model B.

Model B und C

Model B und C stellen für den industriellen Bereich typischere Übertragungsstrecken dar, sie werden in EN50173-1 oder ISO24702 besprochen.

3.3.1 Leistungsvermögen einer Übertragungsstrecke

Tabelle 3-2: Die EN50173-1:2007, Kap. 5 definiert 8 Klassen nach dem zulässigen Frequenzbereich

Klasse	SRGK	A	B	C	D	E	F	RuK-S
Frequenzbereich bis	0.1 MHz	100 kHz	1 MHz	16 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz	1 GHz

Für die bei Ethernet relevanten Leistungsklassen D, E und F werden Formeln angegeben, nach denen sich die frequenzabhängige Grenzkurven (z.B. im Bereich 1...100 MHz, Klasse D) berechnen lassen. Je nach Parameter muss der Messwert, gegebenenfalls als $f(f)$, unter oder oberhalb der Grenzkurve bleiben.

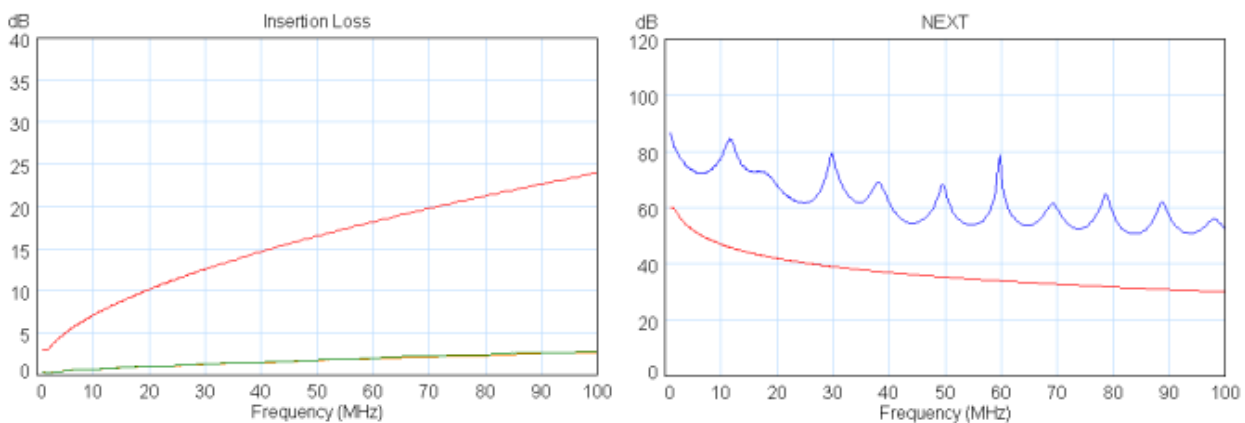


Abbildung 3-3: Beispiele für Messungen

Die Abbildungen zeigen Beispiele für Messungen von Einfügedämpfung und Übersprechen am eigenen Kabelende (NEXT, Near End Cross Talk) im Vergleich zur jeweiligen frequenzabhängigen Grenzkurve (rot). Folgende Parameter sind definiert:

Tabelle 3-3: Übersicht Parameter nach EN50173-1:2007

deutsch	englisch	Abkürzung
Rückflussdämpfung	Return Loss	RL
Einfügedämpfung	Insertion Loss, Coupling Attenuation	
Nahnebensprechdämpfung	nearend crosstalk loss	NEXT
leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung	powersum NEXT	PSNEXT
Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis, nahes/fernes Ende	Attenuation to crosstalk ratio near/far	ACR-N ACR-F
Leistungssummiertes ACR	powersum ACR	PSACR
Ausgangsseitige Fernnebensprechdämpfung	equal level far end crosstalk ratio	ELFEXT
Leistungssummiertes ELFEXT	powersum ELFEXT	PSELFEXT
Gleichstrom Schleifenwiderstand	Resistance	-
Gleichstrom Widerstandsunterschied	Resistance Difference	-
Laufzeit	Propagation Delay	-
Laufzeitunterschied	Delay skew	-
TCL Unsymmetriedämpfung	Transverse Conversion Loss	TCL
Kopplungsdämpfung		-


3.3.1.1 Auszug Kennwerte EN50173 Klasse D

Tabelle 3-4: ausgewählte Kennzahlen zu Übertragungstrecken nach EN50173-1 Klasse D

Kennwert	Channel	Permanent Link
Länge	max. 100 m	max 90 m
max. Einfügedämpfung [db @ 100 MHz, 100m]	24 dB	20.4 dB
NEXT [db @ 100 MHz, 100m]	30.1 dB	32.3 dB
max. Laufzeit [ns @ 100MHz]	548 ns	491 ns

Anmerkungen

- In den (informativen) Berechnungen der max. Grenzwerte in der EN50173-1, Kap. 5.2 werden die max. zul. 4 Steckverbindungen innerhalb des Channels angesetzt.
- Für EN50173 Klasse D wird bei 100 MHz eine max. Signallaufzeit von 548 ns erlaubt. Dies schränkt die Verwendung überlanger Kabel ein. Bei einem angenommenen NVP_{Kabel} von 60% sind bereits nur noch 100 m Channel-Länge möglich.
- Alle Grenzwerte beruhen auf der Annahme einer Umgebungstemperatur von 20°C. Bis in den Bereich von 60°C ist in EN50173 ein Derating von 0.2%/°C) definiert. Mit steigender Umgebungstemperatur verschlechtern sich also Kabel- und Steckereigenschaften. Die maximal zul. Channel-Länge sinkt daher mit steigender Temperatur.

 Hinweis	<p>Abweichung von den Vorgaben</p> <p>Von den oben zitierten Vorgaben der ISO11801/EN50173 kann abgewichen werden, z.B. durch mehr Steckverbindungen oder Kabelstrecken als zulässig oder nicht konformes Kabelmaterial. Dann muss die Übertragungstrecke nach ISO11801/EN50173 berechnet werden und es wird eine Verifikation/Zertifizierung nach der Installation empfohlen.</p>
--	---

4 Komponenten

4.1 Kabel

Die EN50173-1, Kap 7 fordert zur Einhaltung der Konformität die Verwendung von Kabeln nach EN50288, verdrehte Adern (engl.: twisted pair). Darin sind geschirmte und ungeschirmte Kabel enthalten. Da für EtherCAT-Kabelverbindungen geschirmte Verkabelung empfohlen wird, wird diese im Folgenden ausschließlich behandelt.

Die dafür maßgebliche Norm EN50288-2 enthält für starre und flexible Kabel Unterkapitel. Für beide Kabel ist ein paarig verseilter oder Sternvierer als Kabelaufbau erlaubt. Sternvierer ist vorteilhafter: mechanisch stabiler (bewegte Anwendung, Querdruckfestigkeit), weniger Platzbedarf, bessere NEXT-Werte.

Da die Kabelentwicklung seit der Entstehung dieser Normen technologische Fortschritte vollzogen hat, sind mittlerweile zahlreiche zur Ethernet-Kommunikation taugliche Kabel am Markt verfügbar, welche

- die geforderten elektrischen Eigenschaften im Rahmen der EN50173ff als Vorgabe haben
- einzelne (mechanische) Spezifika nach EN50288 aber nicht einhalten bzw. übertreffen

Solche Kabel sind z.B. durch die Kennung „Similar to Cat.5“ im Datenblatt ausgezeichnet und können nach Herstellervorgabe verwendet werden – dann liegt eine anwenderspezifische Verkabelung vor die ggf. einem Zertifizierungstest nach der Installation unterzogen werden kann.

Diese Normen enthalten z.B. folgende Angaben:

EN50288-2-1:

- Zweck: geschirmte Kabel -100 MHz, festverlegt für Horizontal/Steigbereich
- "starrer Drahtaufbau", Leiter aus massivem Kupfer
- Querschnitt entspricht ca. AWG24...21
- Einfügedämpfung max. **21,3 dB** / 100 m bei 100 MHz
- Gleichstromschleifenwiderstand < 19 Ω / 100 m

EN50288-2-2:

- Zweck: geschirmte Kabel -100 MHz, Geräteanschlusskabel
- "flexibler Drahtaufbau", engl.: stranded wire - Leiter ein- oder mehrdrähtig
- Einfügedämpfung max. **32 dB** / 100 m bei 100 MHz
- Gleichstromschleifenwiderstand < 29 Ω / 100 m

Die Angaben gelten für 20°C. Korrekturrechnungen für andere Umgebungstemperaturen können nach Normvorgabe vorgenommen werden.

Kabel können außerdem vom Hersteller nach der MICE-Klassifizierung nach EN50173-1, Kapitel 5 bzw. Anhang G für die dort genannten Umgebungsbedingungen freigegeben werden.




Hinweis

Patch-Kabel und Dämpfung

Wie in den technischen Daten oben zu erkennen, ist es nicht möglich, mit einem nach EN50288-2-2 zertifizierten Patch-Kabel einen EN50173-Klasse-D-Channel mit seiner zulässigen Einfügedämpfung von 24 dB / 100 m bei 100 MHz zu erreichen.

Die Verwendung von Patch-Kabeln (nach EN50288-2-2) mit einer Länge von über 10 Metern bzw. eine Aneinanderreihung solcher Kabel ist nur in Anerkenntnis der technologischen Einschränkungen vorzusehen.

Für die Kombination von Kabel und Stecker ist in EN50173-1, Kap. 9 die Klasse der fertig konfektionierten Patch-Kabel mit zulässigen Grenzwerten definiert.

 Hinweis	<p>Schirmung</p> <p>Ein vorhandener Schirm erhöht gegebenenfalls unter Anderem die Einfügedämpfung eines Kabels. Dieser Effekt wird nur bei großen Längen bemerkbar sein. Scheitert deshalb die Abnahme einer Kabelstrecke, ist z.B. der Verwendung größerer Aderquerschnitte anstatt des Verzichts auf das geschirmte Kabel der Vorzug zu geben.</p> <p>Ein Schirm verbessert auch die Rückflussdämpfung RL.</p>
---	--

Die IEC61784-5-12 nimmt in ihrem „Installationsprofil für EtherCAT-Netzwerke“ darauf Bezug indem sie eine max. Verbindungslänge von 100 m unter Verwendung von AWG22-Kabel (Anmerkung: Typ EN50288-2-1) angibt.

4.1.1 Kabelaufbau

Nach AWG (American Wire Gage) bemessene Kabelquerschnitte werden in der Form AWGxx/y angegeben. Dabei steht xx für den Querschnitt und, y für die Anzahl der Adern. Beispiele:

- AWG22/1 bedeutet Querschnitt AWG22, eine Ader
- AWG22/7 bedeutet Gesamtquerschnitt entspricht AWG22, sieben Adern

Nach ISO/IEC11801 wird der Kabelaufbau wie folgt angegeben:

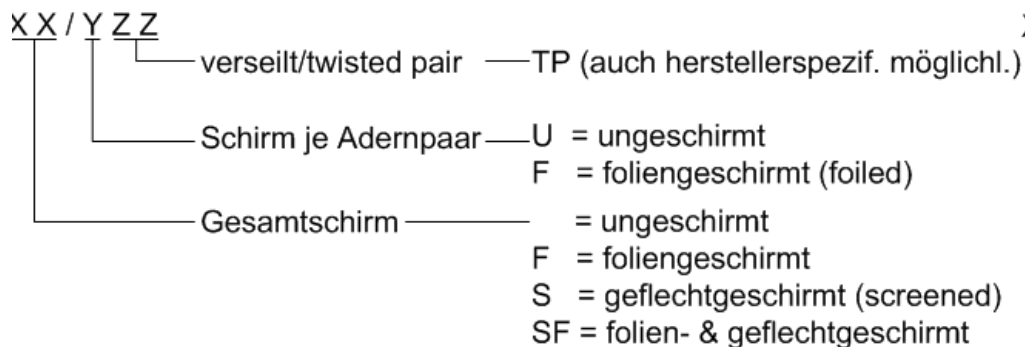





Abbildung 4-1: Kabelaufbau nach ISO/IEC11801

 Hinweis	<p>Schirmempfehlung</p> <p>Es wird ausschließlich die Verwendung gesamt geschirmter Übertragungsstrecken empfohlen, z.B. SF/FTP, S/FTP oder SF/UTP. Achten Sie auf korrekte Schirmanbindung in den Endgeräten!</p>
---	---

 Hinweis	<p>Auto-Crossing</p> <p>Aufgrund der automatischen Leitungserkennung (Auto-Crossing) können Sie zwischen EtherCAT-Geräten von Beckhoff sowohl symmetrisch (1:1) belegte, wie gekreuzte Leitungen (Cross-Over) verwenden.</p>
---	---

4.1.2 Empfohlene Kabel

Beckhoff empfiehlt folgende Kabel für den Einsatz an EtherCAT-Systemen.

 Hinweis	Datenblätter und Dokumentationen zu Kabeln Die technischen Daten der hier empfohlenen Kabel entnehmen Sie bitte den zugehörigen Datenblättern und Dokumentationen, die Ihnen auf unserer Homepage (www.beckhoff.de) zum Download zur Verfügung stehen.
---	---

4.1.2.1 Meterware

Tabelle 4-1: Meterware

Bezeichnung	Kabel
ZB9010	Industrial-Ethernet / EtherCAT-Kabel, für feste Verlegung, CAT 5e, 4-adrig
ZB9020	Industrial-Ethernet / EtherCAT-Kabel, schleppkettentauglich, CAT 5e, 4-adrig
ZB9030	EtherCAT/Ethernet-Kabel, PVC, geschirmt
ZB9031	EtherCAT/Ethernet-Kabel, PUR, schleppkettentauglich, geschirmt
ZB9032	EtherCAT/Ethernet-Kabel, PUR, schleppkettentauglich, Highflex

4.1.2.2 EtherCAT Patch-Kabel

ZK1090-9191-xxxx*

Tabelle 4-2: EtherCAT Patch-Kabel, 2 x RJ45-Stecker

Bezeichnung	Länge
ZK1090-9191-0001	0,17 m
ZK1090-9191-0002	0,26 m
ZK1090-9191-0005	0,5 m
ZK1090-9191-0010	1,0 m
ZK1090-9191-0020	2,0 m
ZK1090-9191-0030	3,0 m
ZK1090-9191-0050	5,0 m
ZK1090-9191-0100	10,0 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

4.1.2.3 EtherCAT-Kabel mit M12-Steckverbindern

Tabelle 4-3: EtherCAT-Kabel, 2 x M12-Stecker (d-codiert), fertig konfektioniert

Bezeichnung	Länge
ZK1090-6161-0005	0,5 m
ZK1090-6161-0010	1,0 m
ZK1090-6161-0020	2,0 m
ZK1090-6161-0025	2,5 m
ZK1090-6161-0050	5,0 m
ZK1090-6161-0100	10 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

Tabelle 4-4: EtherCAT-Kabel, M12-Flansch - RJ45-Stecker, fertig konfektioniert

Bezeichnung	Länge
ZK1090-6292-0005	0,5 m
ZK1090-6292-0020	2,0 m
ZK1090-6292-0050	5,0 m
ZK1090-6292-0100	10 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

4.1.2.4 EtherCAT-Kabel, PVC, mit M8-Steckverbindern

Tabelle 4-5: EtherCAT-Kabel, PVC, fertig konfektioniert, 2 x M8-Stecker

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3131-0020	2,0 m
ZK1090-3131-0030	3,0 m
ZK1090-3131-0040	4,0 m
ZK1090-3131-0050	5,0 m
ZK1090-3131-0075	7,5 m
ZK1090-3131-0100	10 m
ZK1090-3131-0150	15 m
ZK1090-3131-0200	20 m
ZK1090-3131-0250	25 m
ZK1090-3131-0300	30 m
ZK1090-3131-0350	35 m
ZK1090-3131-0400	40 m
ZK1090-3131-0450	45 m
ZK1090-3131-0500	50 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

Tabelle 4-6: EtherCAT-Kabel, PVC, 1 x M8-Stecker, 1 x RJ45, fertig konfektioniert

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3191-3020	2,0 m
ZK1090-3191-3050	5,0 m



Tabelle 4-7: EtherCAT-Kabel, PVC, 1 x M8-Stecker, 1x offenes Ende

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3100-3020	2,0 m
ZK1090-3100-3050	5,0 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

4.1.2.5 EtherCAT-Kabel, PUR, Highflex, mit M8-Steckverbindern

Tabelle 4-8: EtherCAT-Kabel, PUR, Highflex, 2 x M8-Stecker, fertig konfektioniert

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3131-0001	0,15 m
ZK1090-3131-0003	0,3 m
ZK1090-3131-0005	0,5 m
ZK1090-3131-0010	1,0 m
ZK1090-3131-0020	2,0 m
ZK1090-3131-0030	3,0 m
ZK1090-3131-0040	4,0 m
ZK1090-3131-0050	5,0 m
ZK1090-3131-0075	7,5 m
ZK1090-3131-0100	10 m
ZK1090-3131-0150	15 m
ZK1090-3131-0200	20 m
ZK1090-3131-0250	25 m
ZK1090-3131-0300	30 m
ZK1090-3131-0350	35 m
ZK1090-3131-0400	40 m
ZK1090-3131-0450	45 m
ZK1090-3131-0500	50 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

Tabelle 4-9: EtherCAT-Kabel, PUR, Highflex, 1 x M8-Stecker, 1 x RJ45, fertig konfektioniert

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3191-0020	2,0 m
ZK1090-3191-0050	5,0 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).

Tabelle 4-10: EtherCAT-Kabel, PUR, Highflex, 1 x M8-Stecker, 1x offenes Ende

Bezeichnung	Länge
ZK1090-3100-0020	2,0 m
ZK1090-3100-0050	5,0 m



Die verfügbaren Längen entnehmen Sie bitte dem Katalog, der Preisliste oder unserer Homepage (www.beckhoff.de).



Hinweis

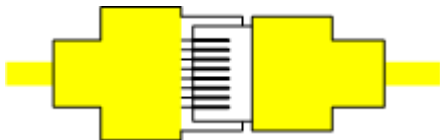
Weitere Kabel

Informationen über weitere Ausführungen und Längen finden Sie auf unserer Homepage (www.beckhoff.de) und in der Preisliste.

4.2 Steckverbinder

4.2.1 Übergangsstellen

Jede Übergangsstelle beeinflusst die gesamte Übertragungsstrecke durch Dämpfung, Reflexion und Übersprechen zwischen den Kabelpaaren negativ. Deshalb ist die Anzahl der zulässigen Übergangsstellen für einen EN50173-konformen Channel auf sechs begrenzt.

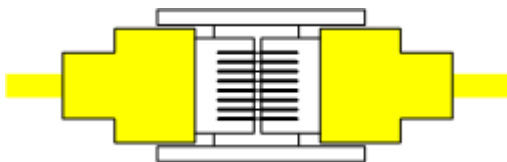


Eine einfacher Stecker/Buchse-Übergang hat **eine** Übergangsstelle zwischen den beiden Leitungen.

Abbildung 4-2: einfacher Stecker/Buchse-Übergang



Abbildung 4-3: einfacher Stecker/Buchse-Übergang



Eine Doppelkupplung hat **zwei** Übergangsstellen zwischen den beiden Leitungen.

Abbildung 4-4: Doppelkupplung

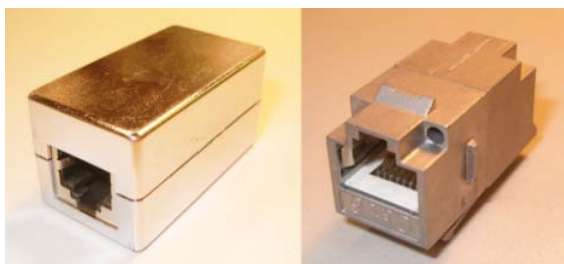



Abbildung 4-5: Doppelkupplungen; links Cat. 5, Kunststoff; rechts: Cat. 6, Vollmetall

 Hinweis	<p>Doppelkupplungen gemäß Cat. 6 verwenden</p> <p>Zur Einhaltung der Leistungsfähigkeit einer Übertragungsstrecke nach EN50173-Klasse-D, für die normalerweise nur Komponenten gemäß Cat. 5 gefordert sind, sind bei Verwendung von Doppelkupplungen jedoch welche gemäß Cat. 6 erforderlich (siehe EN50173-3, Anh. B).</p>
---	--

4.2.2 Bauformen

Die Verbindungstechnik im Bereich Fast-Ethernet muss den elektrischen und mechanischen Anforderungen der EN50173 Klasse D genügen. Dabei ist eine Rückwärtskompatibilität gegeben. Auch höherklassige Verbindungstechnik kann zur Erreichung der Klasse D eingesetzt werden.

Die Steckkomponenten können vom Hersteller nach der MICE-Klassifizierung nach EN50173-1, Kap. 5 bzw. Anh. G für die dort genannten Umgebungsbedingungen freigegeben werden.

Die Steckverbindung beeinflusst wesentlich die elektrischen Eigenschaften der Übertragungsstrecke, insbesondere in den Parametern Schirmwirkung, Dämpfung, Übersprechen und Rückflussdämpfung. Überschlägig wird zur Übertragungsstreckenauslegung eine einzelne Steckverbindung mit 0,4 dB Einfügedämpfung angesetzt (EN50173-1, Anh. A).

Folgende Steckgesichter sind für die Klasse D in Gebrauch:

EN60607: RJ45



Abbildung 4-6: Steckverbinder nach EN60603-7, feldkonfektionierbar,
links: vierpolig, Fast-Ethernet-kompatibel*,
rechts: achtpolig, geeignet für Gigabit-Ethernet

*) Für von Fast-Ethernet (100 MBit/s) ist eine vieradrige Belegung nach TIA-568B ausreichend.

EN61076-2-101: M12



Abbildung 4-7: Steckverbinder EN61076-2-101, Typ D, vierpolig, geschirmt

EN61076-2-101: M8




Abbildung 4-8: Steckverbinder EN61076-2-101, vierpolig, geschirmt

4.2.3 Empfohlene Steckverbinder

Beckhoff empfiehlt folgende Steckverbinder für den Einsatz in EtherCAT-Systemen.

Tabelle 4-11: Empfohlene Steckverbinder, Übersicht

Bezeichnung	Stecker
ZS1090-0003	RJ45-Stecker, 4-polig, IP 20, feldkonfektionierbar
ZS1090-0005	RJ45-Stecker, 8-polig, IP 20, feldkonfektionierbar, geeignet für Gigabit-Ethernet
ZS1090-0004	M12-Stecker, 4-polig, IP67, feldkonfektionierbar, d-codiert
ZS1090-0006	M8-Stecker, 4-polig, IP67, feldkonfektionierbar

 Hinweis	Datenblätter und Dokumentationen zu Steckverbindern Die technischen Daten der hier empfohlenen Steckverbinder entnehmen Sie bitte den zugehörigen Datenblättern und Dokumentationen, die Ihnen auf unserer Homepage (www.beckhoff.de) zum Download zur Verfügung stehen.
---	---

ZS1090-0003

RJ45-Stecker, 4-polig, IP 20, feldkonfektionierbar



ZS1090-0005

RJ45-Stecker, 8-polig, IP 20, feldkonfektionierbar, geeignet für Gigabit-Ethernet



ZS1090-0004

M12-Stecker, 4-polig, IP67, feldkonfektionierbar, d-codiert



ZS1090-0006

M8-Stecker, 4-polig, IP67, feldkonfektionierbar



4.2.4 Empfohlene Schaltschrankdurchführungen

ZK1090-6292-0000

M12 Buchse auf RJ45 Buchse,
Abgang gerade



ZK1090-6294-0000

M12 Buchse auf RJ45 Buchse,
Abgang 90° gewinkelt



Hinweis

Möglichst wenig Übergangsstellen

Geben Sie bei Schaltschrankdurchführungen, solchen mit nur einer Übergangsstelle, also einfachem Stecker/Buchse-Übergang den Vorzug (siehe ZK1090-6292, Seite 19)!

4.2.5 Andere Steckverbinder

Es können auch andere als die oben genannten Steckverbinder verwendet werden. Diese müssen dann den elektrischen und mechanischen Anforderungen nach EN50173-1:2007, Anh. D genügen

Tabelle 4-12: Belegung

Signal	Kommentar	RJ45	M12	Kabelfarbe nach TIA-568B	Kabelfarbe nach EN61918
TD+	Sendedaten +	1	1	WH/OG	YE
TD-	Sendedaten -	2	2	OG	OG
RD+	Empfangsdaten +	3	3	WH/GN	WH
RD-	Empfangsdaten -	6	4	GN	BU
-	3. Paar +	4	-	BU	-
-	3. Paar -	5	-	WH/BU	-
-	4. Paar +	7	-	WH/BN	-
-	4. Paar -	8	-	BN	-
Schirm	Schirmung	Gehäuse	Gehäuse	n.def.	n.def.

WH=white, OG=orange, GN=green, BU=blue, BN=brown, YE=yellow

5 Anhang

5.1 Beckhoff Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Der Beckhoff Support und Service steht Ihnen weltweit zur Verfügung und ist über Telefon, Fax oder E-Mail erreichbar. Die Kontaktadressen Ihres Landes entnehmen Sie bitte der Liste der Beckhoff Niederlassungen und Partnerfirmen.

Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- weltweiter Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: + 49 (0) 5246/963-157
Fax: + 49 (0) 5246/963-9157
E-Mail: support@beckhoff.com

Beckhoff Service

Das Beckhoff Service Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: + 49 (0) 5246/963-460
Fax: + 49 (0) 5246/963-479
E-Mail: service@beckhoff.com

5.2 Beckhoff Firmenzentrale

Beckhoff Automation GmbH
Eiserstr. 5
33415 Verl
Germany

Telefon: + 49 (0) 5246/963-0
Fax: + 49 (0) 5246/963-198
E-Mail: info@beckhoff.de
Web: www.beckhoff.de

Weitere Support- und Service-Adressen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten unter <http://www.beckhoff.de>. Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.