

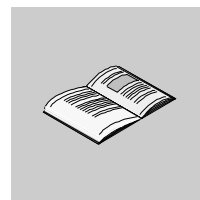
# Transparent Factory Handbuch Entwurf von Netzwerken und Verkabelung

490 USE 13400 ger Version 1.0



---

# Inhaltsverzeichnis



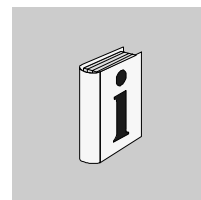
	<b>Über dieses Buch</b>	<b>5</b>
<b>Kapitel 1</b>	<b>Einführung in den Entwurf von Ethernet-Netzwerken</b>	<b>7</b>
	Einführung	7
	Entwurf eines Ethernet-Netzwerks - Übersicht	8
	Netzwerkprodukte	9
	Globale Architektur	11
<b>Kapitel 2</b>	<b>Standortplan</b>	<b>13</b>
	Standortplan ist erforderlich:	13
<b>Kapitel 3</b>	<b>Datenfluss</b>	<b>15</b>
	Beschreibung	15
<b>Kapitel 4</b>	<b>Redundanz</b>	<b>17</b>
	Einführung	17
	Redundanz der Stromversorgung	18
	Netzwerkredundanz	19
<b>Kapitel 5</b>	<b>Entfernungen und Regeln</b>	<b>23</b>
	Einführung	23
5.1	Entwurf eines Netzwerks mit mehreren Segmenten und einer Kollisionsdomäne	25
	Einführung	25
	Standard-Ethernet-Regel 1: Kollisionserkennung und max. Signallaufzeit	26
	Standard-Ethernet-Regel 2: Reduzierter Abstand zwischen Paketen	29
	Begrenzungen der physikalischen Schichten	30
5.2	Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 10 Mbit/s	31
	Einführung	31
	Standard-Ethernet-Modell 1	32
	Standard-Ethernet-Modell 2	33
	Schneider Automation - Berechnungsmodell	39
5.3	Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 100 Mbit/s	46
	Einführung	46
	Standard-Übertragungsmodell 1	47
	Standard-Übertragungsmodell 2	48
5.4	Anschließen von Switches	49

---

	Anschließen von Switches . . . . .	49
<b>Kapitel 6</b>	<b>Empfehlungen für die Verkabelung . . . . .</b>	<b>51</b>
	Einführung . . . . .	51
6.1	Grundlegende Regeln . . . . .	53
	Regeln und Vorsichtsmaßnahmen. . . . .	53
	Auf einen Blick . . . . .	54
	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) . . . . .	55
	Erde und Massen. . . . .	56
	Differentialmodus und Gleichtaktmodus . . . . .	58
	Verkabelung der Massen und des Nullleiters . . . . .	59
	Wahl der Stromkabel für Transparent Factory. . . . .	60
	Empfindlichkeit der verschiedenen Kabelfamilien . . . . .	62
6.2	Vorschriften für die Verdrahtung . . . . .	63
	Zu befolgende Regeln . . . . .	63
	Erste Regel für die Verkabelung . . . . .	64
	Zweite Regel für die Verkabelung . . . . .	65
	Dritte Regel für die Verkabelung . . . . .	66
6.3	Verwendung der Kabelverläufe . . . . .	67
	Grundlagen . . . . .	67
	Allgemeine Prinzipien der Verwendung von Kabelwegen . . . . .	68
	Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines homogenen Kabels. . . . .	75
	Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines heterogenen Kabels . . . . .	77
	Andere Schutzwirkungen. . . . .	79
6.4	Verbindungen zwischen Gebäuden . . . . .	82
	Einleitung . . . . .	82
	Verkabelung der elektrischen Verbindungen. . . . .	83
	Schutz von Durchführungen . . . . .	84
6.5	Verwendung von Glasfasern . . . . .	85
	Auswahl und Montage von Glasfasern . . . . .	85
	Wahl des optischen Verbindungstyps . . . . .	86
	Installation der LWL-Kabel. . . . .	87

---

# Über dieses Buch



---

## Auf einen Blick

### **Ziel dieses Dokuments**

In diesem Handbuch wird der Entwurf eines Ethernet-Netzwerks beschrieben, darüber hinaus enthält Empfehlungen für eine optimale Verkabelung.

### **Gültigkeitsbereich**

Die Empfehlungen in diesem Handbuch können für alle Ethernet-Netzwerke verwendet werden.

### **Überarbeitung des Dokuments**

Version	Änderungen
1	Initial version.

### **Weiterführende Dokumentation**

### **Produktbezogene Warnhinweise**

### **Benutzerkommentar**

Ihre Anmerkungen und Hinweise sind uns jederzeit willkommen. Senden Sie sie einfach an unsere E-mail-Adresse: [TECHCOMM@modicon.com](mailto:TECHCOMM@modicon.com)



---

# Einführung in den Entwurf von Ethernet-Netzwerken

# 1

---

## Einführung

**Übersicht** Dieses Kapitel enthält grundlegende Informationen zur Vorgehensweise beim Entwerfen von Ethernet-Netzwerken.

**Inhalt dieses Kapitels** Dieses Kapitel enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Entwurf eines Ethernet-Netzwerks - Übersicht	8
Netzwerkprodukte	9
Globale Architektur	11

---

## Entwurf eines Ethernet-Netzwerks - Übersicht

---

### Übersicht

Der Entwurf eines Ethernet-Netzwerks beginnt mit einer Beschreibung der Zielanwendung. Bei dieser Beschreibung müssen die folgenden drei zentralen Aspekte berücksichtigt werden:

- **Topologischer Aspekt** (Kapitel 2)
- Auswertung des **Datenflusses** (Kapitel 3)
- **Redundanz**-Erfordernisse (Kapitel 4).

Nach diesem ersten Schritt, in dem die Anforderungen für die Installation definiert werden, muss der Netzwerkentwurf die folgenden Anforderungen erfüllen. Damit die Netzwerkarchitektur einwandfrei funktioniert, muss sie bestimmte Regeln erfüllen:

- **Entfernungen und Regeln im Ethernet** (Kapitel 5)
  - **EMV-Regeln** (Kapitel 6).
-



## Netzwerkprodukte

---

### Endstationen

Bei Endstationen handelt es sich um die Geräte, die über das Netzwerk miteinander verbunden werden sollen. Es sind Einrichtungen, die kommunizieren, also Daten senden und empfangen.

Es handelt sich um folgende Geräte:

- Mit PCMCIA-/PCI- oder ISA-Karte an das Ethernet angeschlossener PC
- SPS-Modelle wie Quantum mit NOE-Anschluss, Premium mit ETY-Modul oder M1E mit integriertem Ethernet-Anschluss, Micro mit ETZ-Module
- E/A-Geräte wie Momentum ENT mit Ethernet Top\_Hat

In den Ethernet-Standards werden diese Endsysteme als DTE (Data Terminal Equipment; Datenendeinrichtung) bezeichnet. Die Begriffe Node oder Station können in Dokumentationen ebenfalls verwendet werden.

---

### Hubs

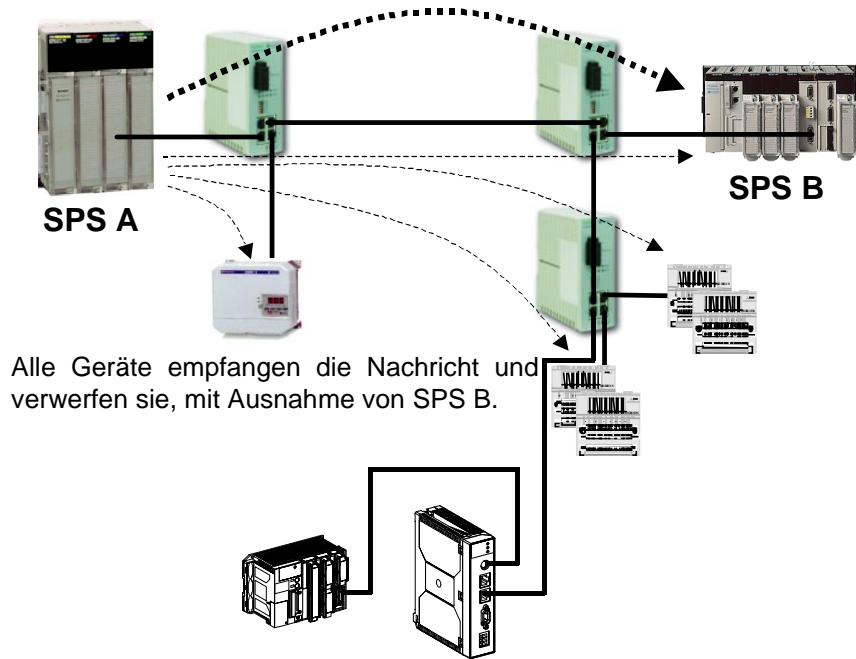
Ein Hub verfügt über mehrere Ports für die Verbindung. Alle Rahmen oder kollidierten Signale, die an einem Port empfangen werden, werden an alle anderen Ports weitergeleitet.

Synonyme: Repeater, Sternkoppler

Mehrere Repeater können kaskadierend miteinander verbunden werden. In diesem Fall müssen gekreuzte Kabel verwendet werden, um die Hubs miteinander zu verbinden.

Die Abbildung unten stellt die Funktionsweise der Hubs dar:

SPS A überträgt eine Nachricht an SPS B.



Alle Geräte empfangen die Nachricht und verwerfen sie, mit Ausnahme von SPS B.

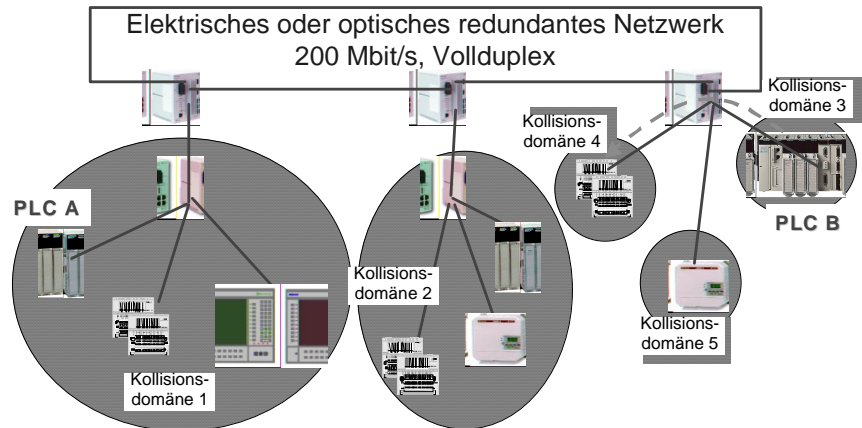
## Transceiver

Die Aufgabe des Transceivers ist es, das Übertragungsmedium zu ändern. Er kann über zwei Anschlüsse verfügen, von denen einer beispielsweise der Spezifikation 10 Base T entspricht und paarig verdrehte Kupferkabel verwendet, während der andere 10 Base FL entspricht und Glasfaserkabel verwendet.

## Switch

Der Switch ist ein Gerät der Ebene 2 des ISO-Modells. Beim Empfang eines Rahmens werden **fehlerhafte oder ungültige Rahmen verworfen** (zu lang, zu kurz, CRC-Fehler) und eine **Kollision wird nicht unterstützt**. So dient ein Switch als Grenze und Verbindung zwischen zwei Kollisionsdomänen. Durch diese Funktion werden die **maximal zulässigen Längen erweitert**, die in den Regeln für Kollisionsdomänen festgelegt sind. Ein Switch dient außerdem auch als **Filter**: Er ermittelt die MAC-Adresse der Nodes für alle Ports. Wenn er dann einen Rahmen empfängt, leitet er ihn nur an den Port weiter, an den der Node mit der jeweiligen Zieladresse angeschlossen ist. Wenn es sich bei der Zieladresse um eine Broadcast- oder Multicast-Adresse handelt oder wenn die Adressen noch nicht ermittelt wurden, wird der Rahmen natürlich an alle anderen Ports des Switches weitergeleitet es sei denn der Schalter Kann Mehrfachübertragungsrahmen filtern.

Werden zwei Netzwerksegmente durch einen Switch verbunden, so werden aufgrund dieser Filterfunktion also nur nützliche Rahmen weitergeleitet. Dadurch wird die Übertragungskapazität verbessert. Die Ports eines Switches können außerdem über die Vollduplex-Funktion verfügen. Dies bedeutet, dass sie gleichzeitig senden und empfangen können. Die Übertragungsrate des Netzwerks erhöht sich dadurch auf bis zu 200 Mbit/s. Mithilfe dieser Funktion können an einem Port zwei Switches zusammen oder eine Vollduplexstation angeschlossen werden. Die folgende Abbildung stellt ein Beispiel für die Verwendung von Switches dar:



## Globale Architektur

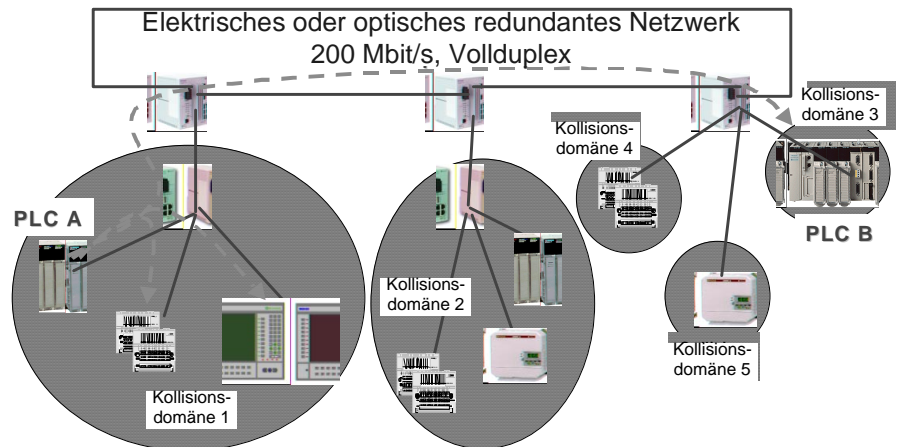
### Beschreibung

Die globale Architektur eines Ethernet-Netzwerks ist in verschiedene **Kollisionsdomänen** unterteilt, die durch **Switches** miteinander verbunden werden. In jeder Kollisionsdomäne sind alle Nodes Teil eines Protokolls mit Kollisionauflösung und müssen den Regeln und Entfernungen der jeweiligen Domäne entsprechen.

Es sind 10-Mbit/s- (Ethernet) oder 100-Mbit/s-Domänen (Fast Ethernet) möglich. Die Wahl der Baudrate wird von den technischen Charakteristika der angeschlossenen Knoten und von der für die Anwendung erforderlichen Bandbreite bestimmt.

Switches werden für die **Trennung des Datenflusses** unterschiedlicher Domänen sowie zur **Verbesserung der** innerhalb der Domänen eingeschränkten Entfernungen verwendet.

Beispiel:



---

# Standortplan

## 2

---

### Standortplan ist erforderlich:

#### Warum ist ein Standortplan erforderlich?

Ein Standortplan muss erstellt werden, um die Anwendung unter topologischen und physikalischen Aspekten zu beschreiben. Er enthält die folgenden Angaben:

- Standort der verschiedenen Zonen und Geräte
- Standorte der Stationen und Nodes
- Standort vorhandener Netzwerke
- Lage vorhandener Kabelverläufe
- Lage gefährlicher Bereiche für EMV
- Lage redundanter Kanäle

#### Was bietet er?

Der Standortplan bietet Informationen zu folgenden Punkten:

- Relative Position der Nodes, die miteinander verbunden werden müssen
  - Entfernungen zwischen den Nodes
  - Entfernungsangaben für vorhandene Netzwerke
  - Lage gefährlicher Bereiche für EMV
-



---

# Datenfluss

## 3

---

### Beschreibung

#### Übersicht

Der Datenfluss der verschiedenen, miteinander verbundenen Stationen muss beschrieben werden.

Gehen Sie jeweils folgendermaßen vor:

- Geben Sie Volumen und Frequenz an.
- Berechnen Sie die erforderliche Bandbreite.

Umfassende Informationen zum Datenfluss über Kommunikationsdienste finden Sie im Benutzer- und Planungshandbuch "Transparent Factory Ethernet" (490USE13300).

Erstellen Sie eine Tabelle für alle Stationen, mit deren Hilfe Sie Gruppen bilden und damit die Verwendung von Switches festlegen können.

<p><b>Hinweis:</b> Verwenden Sie 8 bis 40 % der verfügbaren Bandbreite jeder Domäne, um eine Häufung von Kollisionen zu vermeiden.</p>
--





---

# Redundanz

# 4

---

## Einführung

### Übersicht

In diesem Kapitel wird die Redundanz von Stromversorgung und Netzwerk beschrieben.

### Inhalt dieses Kapitels

Dieses Kapitel enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Redundanz der Stromversorgung	18
Netzwerkredundanz	19

## Redundanz der Stromversorgung

---

### Übersicht

Redundante Stromversorgung ist für alle Hubs, Transceiver und Switches von Schneider Automation verfügbar.

Sie können zwei Stromquellen an die Klemmleiste anschließen. Beide Eingänge sind entkoppelt, die Last wird nicht verteilt, das Gerät wird vom Netzgerät mit der höheren Ausgangsspannung versorgt.

Der Ausfall einer oder beider Stromquellen wird vom Meldekontakt (Relaiskontakt, geschlossener Schaltkreis) durch die LEDs an der Vorderseite oder, bei Produkten mit Netzwerk-Management, von SNMP-Traps angezeigt.

<p><b>Hinweis:</b> Wird die Stromversorgung ohne Redundanz geführt, zeigt das Produkt einen Fehler an. Diese Nachricht können Sie vermeiden, indem Sie die Versorgungsspannung durch beide Eingänge einspeisen.</p>
---

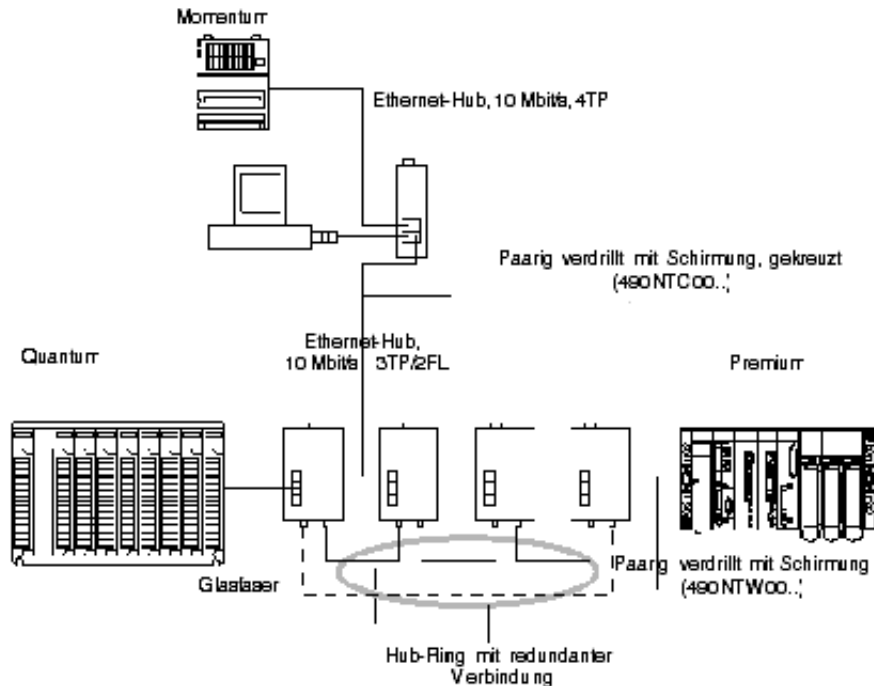
---

## Netzwerkredundanz

### Optischer Ring (10 Mbit/s)

Mithilfe des TF Ethernet Hub 3TP/2FL 499NOH00510 können Hubs über die optischen Ports (Ports 4 und 5) in Ringstruktur kaskadiert werden. Falls einer der Hubs oder eine Leitung ausfällt, ist die Busstruktur immer noch funktionsfähig. Einer der Hubs in dem Ring muss dabei die Funktion der Redundanzverwaltung übernehmen. Diese Funktion wird durch den DIP-Schalter R5 aktiviert. (Die Standardeinstellung für diesen Schalter ist Aus: Redundanzverwaltung ist nicht aktiviert.)

Redundante Ringstruktur über die F/O-Ports des Hub, 10 Mbit/s, 3 TP/2 FL



## Ring aus 100-Mbit/s-Switches

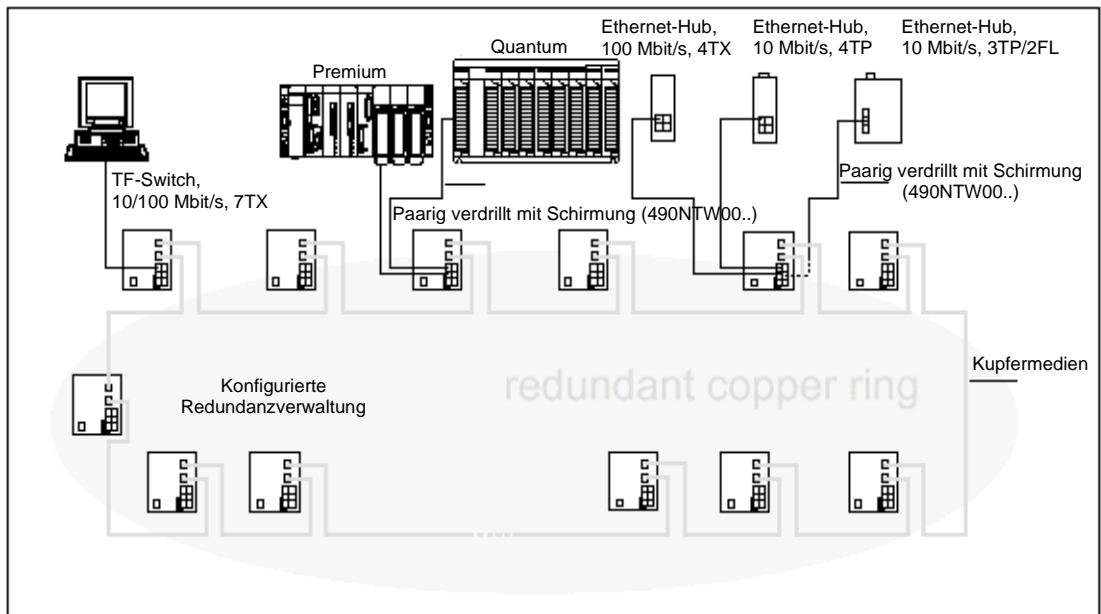
Mithilfe der TF Switches 5Tx/2Fx oder 7Tx (499NES07100 oder 499NOS07100) können Switches über die Ports 6 und 7 ringförmig miteinander verbunden werden. Falls einer der Switches oder eine Leitung ausfällt, ist immer noch eine Busstruktur funktionsfähig, bei Anschluss von 50 Switches in weniger als 500 ms.

Einer der Switches in dem Ring muss dabei die Funktion der Redundanzverwaltung übernehmen. Diese Funktion wird durch den DIP-Schalter RM aktiviert.

(Die Standardeinstellung für diesen Schalter ist Aus: Redundanzverwaltung ist nicht aktiviert.)

Für alle Switches in dem Ring muss die Konfiguration der Ports 6 und 7 auf die Standardeinstellung gesetzt werden. 100 Mbit/s, Vollduplex, automatische Verhandlung

Redundante Kupfer-Ringstruktur



**Redundante  
Verbindung  
zwischen  
Netzwerkseg-  
menten**

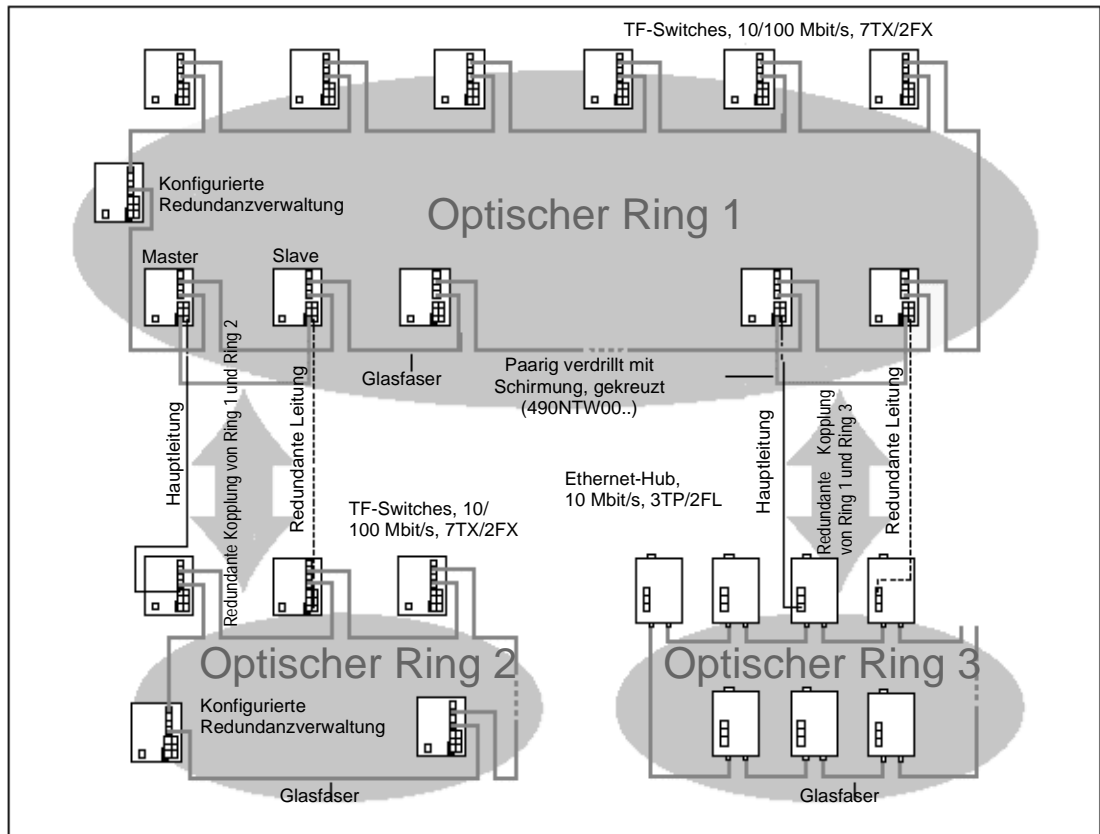
Die TF Switches 499NES07100 und 499NOS07100 ermöglichen die Einrichtung einer redundanten Verbindung zwischen zwei Netzwerksegmenten.

Beim normalen Betrieb wird die Verbindung zwischen dem optischen Ring 1 und dem optischen Ring 2 von einem "Master"-Switch über die Hauptleitung an Port 1 verwaltet. Mithilfe eines weiteren Switches, der als "Slave" bezeichnet wird, wird eine redundante Leitung zwischen diesen beiden Ringen eingerichtet.

- Master und Slave werden über ein paarig verdrehtes Übergangskabel an ihren jeweiligen Standby-Ports miteinander verbunden (490NTC00\*\*\*).
- Die Standby-Funktion muss über die Einstellung des Slave Switch aktiviert werden. Der DIP-Schalter für die Standby-Funktion muss in der Position EIN stehen.
- Der Slave-Switch wird mit Port 1 an Ring 2 verbunden. Dies ist die redundante Verbindung.

Bei einem Versagen der Hauptleitung gibt der redundante NxS innerhalb von 0,5 s die redundante Verbindung frei. Sobald die Hauptleitung den normalen Betrieb wieder aufnimmt, informiert der Master-NxS den redundanten NxS. Die Hauptleitung wird freigegeben, und die redundante Leitung wird wieder gesperrt.

## Redundante Kopplung optischer Ringe



---

# Entfernungen und Regeln

# 5

---

## Einführung

### Übersicht

Dieses Kapitel enthält eine Darstellung der Regeln, die Sie beim Entwerfen von Ethernet-Netzwerken beachten müssen.

### Inhalt dieses Kapitels

Dieses Kapitel enthält die folgenden Abschnitte:

Abschnitt	Thema	Seite
5.1	Entwurf eines Netzwerks mit mehreren Segmenten und einer Kollisionsdomäne	25
5.2	Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 10 Mbit/s	31
5.3	Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 100 Mbit/s	46
5.4	Anschließen von Switches	49





## 5.1 Entwurf eines Netzwerks mit mehreren Segmenten und einer Kollisionsdomäne

---

### Einführung

#### Übersicht

Im folgenden Abschnitt wird der Zusammenhang zwischen den Regeln und dem Verhalten von Ethernet-Netzwerken erläutert.

#### Inhalt dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Standard-Ethernet-Regel 1: Kollisionserkennung und max. Signallaufzeit	26
Standard-Ethernet-Regel 2: Reduzierter Abstand zwischen Paketen	29
Begrenzungen der physikalischen Schichten	30

## Standard-Ethernet-Regel 1: Kollisionserkennung und max. Signallaufzeit

### Ethernet-Zugriffsmethode: Kollisionserkennung mit CSMA/CD

Alle Endstationen (DTEs) des Netzwerks überwachen den Datenverkehr im Netzwerk und beginnen sofort mit der Datenübertragung, wenn kein Netzverkehr festzustellen ist.

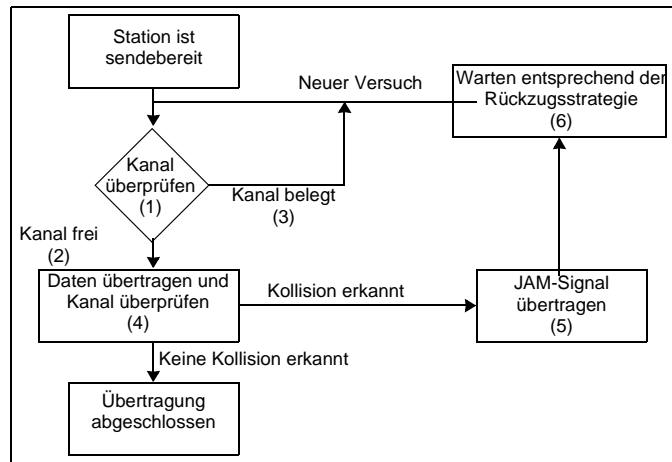
Bei einer Datenübertragung laufen die folgenden Schritte ab:

- Carrier Sense (Trägerprüfung): Die Netzwerkstationen überprüfen, ob das Übertragungsmedium verfügbar ist.
- Multiple Access (Mehrfachzugriff): Wenn das Übertragungsmedium frei ist, können alle DTEs mit der Datenübertragung beginnen.
- Collision Detection (Kollisionserkennung): Wenn mehrere DTEs gleichzeitig Daten übertragen, kommt es zu einer Datenkollision.

Die Kollision wird von den DTEs erkannt, und die Übertragung wird unterbrochen.

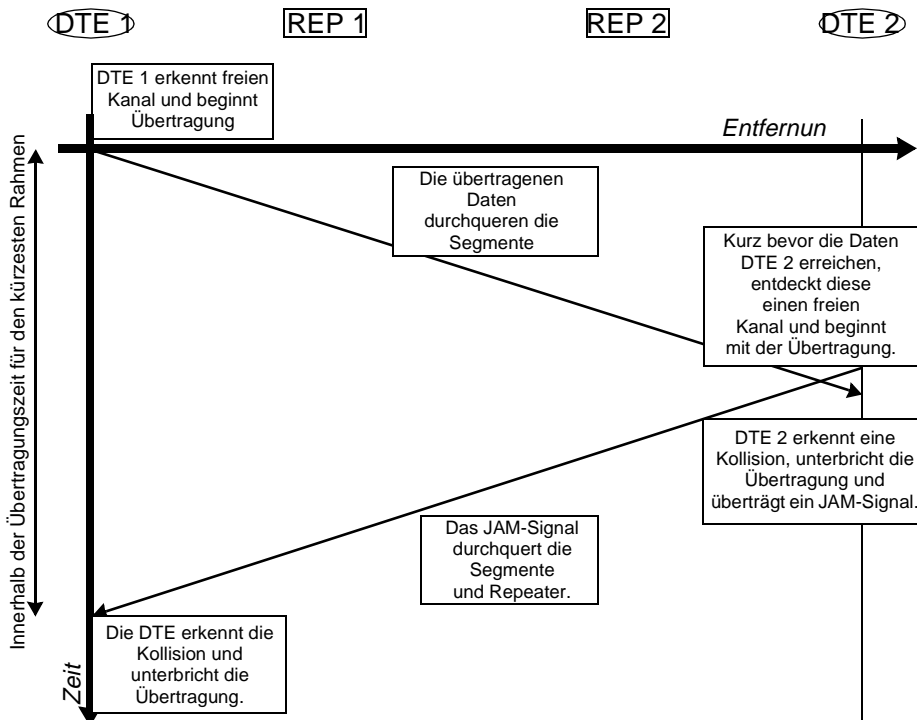
Dann wird von den DTEs anhand einer Zufallsrechnung ermittelt, wann die jeweilige Station erneut mit der Datenübertragung beginnen kann.

Der vollständige Ablauf für die Übertragung von Daten ist:



**Ethernet-Regel  
1: Maximaler  
Round Trip  
Collision  
Propagation  
Delay (doppelte  
Signallaufzeit bei  
Kollisionen)**

Diese erste Regel entsteht als Folge der Zugriffsmethode, und zwar, wenn diese 'auf die Übertragung des kürzesten Rahmens angewandt wird (64 Byte = 512 Bit nach Start Frame Delimiter (Markierung des Rahmenanfangs)). Die Abbildung unten stellt die Übertragung eines solchen Rahmens von DTE 1 bis zu DTE 2 dar. DTE 1 muss eine Kollision, die möglicherweise von DTE 2 verursacht wird, entdecken, bevor die Übertragung des Rahmens abgeschlossen ist. Das Signal benötigt Zeit, um die am weitesten entfernte Station (DTE 2) zu erreichen, welche kurz vor dem Empfang des Signals mit der Übertragung beginnt, und das kollidierte Signal benötigt wiederum Zeit, um zur ersten Station (DTE 1) zurückzukommen, welche dann die Kollision feststellt. Die Zeit, die das Signal benötigt, um zur am weitesten entfernten Station übertragen zu werden und von dort nach der Kollision zurückzukommen, wird als Round Trip Collision Propagation Delay (doppelte Signallaufzeit bei Kollisionen) bezeichnet. Deshalb muss der maximale Wert für die doppelte Signallaufzeit bei Kollision kleiner als die Dauer der Übertragung des kürzesten Rahmens sein.



Da die berechnete Signallaufzeit die Summe aller Laufzeiten ist, die durch Komponenten und Übertragungsmedien (Kabel und Glasfasern) verursacht werden, wird hierdurch die mögliche Anzahl der Repeater (Hubs und Transceiver) sowie die Gesamtlänge der Kabel und Glasfasern eingeschränkt.

## Standard-Ethernet-Regel 2: Reduzierter Abstand zwischen Paketen

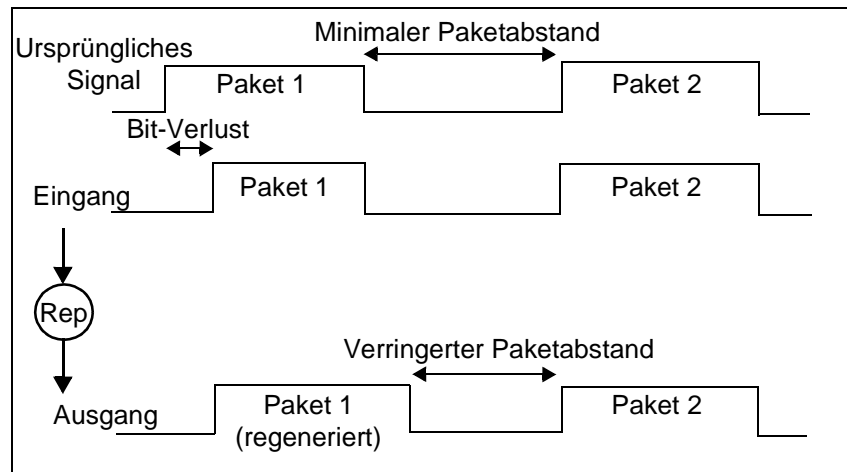
### Abstand zwischen Rahmen

Für Ethernet-Standards mit 10/100 Mbit/s ist ein zeitlicher Mindestabstand von 96 Bitzeiten zwischen Rahmen festgelegt. Dies dient dazu, anderen untergeordneten CSMA/CD-Schichten und dem physikalischen Übertragungsmedium zwischen der Übertragung von Rahmen Zeit zur Wiederherstellung zu geben.

### Reduzierter Abstand zwischen Paketen

Der unterschiedliche Bit-Verlust (Präambel) zweier aufeinander folgender Datenpakete auf demselben Pfad kann zur Reduzierung des Abstands zwischen den Paketen führen. Da der Repeater die verlorenen Präambel-Bits bei jedem empfangenen Paket wiederherstellt, wird jedes Paket völlig neu zusammengesetzt. Wenn das erste Datenpaket mehr Präambel-Bits verliert als das folgende, verringert sich der Abstand zwischen den Paketen.

Beispiel für einen reduzierten Abstand zwischen Paketen:



Durch die folgende Regel wird die Grenze für die Verringerung des Abstands zwischen zwei Paketen festgelegt:

Der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden, nicht kollidierenden Paketen muss an der AUI-Empfangsleitung (Attachment Unit Interface; Schnittstelle zum Anschließen von Geräten an das Ethernet) des DTE einen Mindestwert von 47 (Bitzeiten) haben. (Std 802.3). Aufgrund dieser Regel kann die Reduzierung maximal  $96 - 47 = 49$  Bit betragen.

Da diese Reduzierung jedesmal auftreten kann, wenn Daten durch einen Repeater geleitet werden, wird durch diese Regel die Anzahl der Hubs und Transceiver zwischen zwei Nodes eingeschränkt.

## Begrenzungen der physikalischen Schichten

- Ethernet 10 Mbit/s** Für Transparent Factory Ethernet mit 10 Mbit/s werden zwei verschiedene Datenübertragungsschichten verwendet:
- Ethernet 10 Base T, mit paarig verdrehten Kabeln mit Geflecht- und Folienschirmung (SFTP) und RJ45-Steckverbindern
  - Ethernet 10 Base FL, mit Multi-Mode-Fasern (62,5/125) und ST-Steckverbindern
- Beide Datenübertragungsschichten unterliegen physikalischen Einschränkungen hinsichtlich der Länge des Übertragungsmediums.

	Grenzwerte für Schneider Automation	Grenzwerte nach Std. 802.3
Max. Länge eines paarig verdrehten Kabels	100 m	100 m
Max. Länge eines Multi Mode-Glasfaserkabels (62,5/125 m Durchmesser)	3.100 m	2.000 m

**Hinweis:** Diese Grenzwerte dürfen niemals überschritten werden.

- Ethernet 100 Mbit/s** Für Transparent Factory Ethernet mit 100 Mbit/s werden zwei verschiedene Datenübertragungsschichten verwendet:
- Ethernet 100 Base Tx, mit paarig verdrehten Kabel mit Geflecht- und Folienschirmung (SFTP) und RJ45-Steckverbindern
  - Ethernet 100 Base Fx, mit Multi-Mode-Fasern (62,5/125) und SC-Steckverbindern
- Beide Datenübertragungsschichten unterliegen physikalischen Einschränkungen hinsichtlich der Länge des Übertragungsmediums.

	Grenzwerte für Schneider Automation	Grenzwerte nach Std. 802.3	
Max. Länge eines paarig verdrehten Kabels	100 m	100 m	
Max. Länge eines Multi Mode-Glasfaserkabels (62,5/125 m Durchmesser)	412 m	412 m	Halbduplex
	3.000 m	2.000 m	Vollduplex

**Hinweis:** Diese Grenzwerte dürfen niemals überschritten werden.

## 5.2 Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 10 Mbit/s

---

### Einführung

---

#### Übersicht

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Ethernet-Standardmodelle mit 10 Mbit/s beschrieben.

---

#### Inhalt dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Standard-Ethernet-Modell 1	32
Standard-Ethernet-Modell 2	33
Schneider Automation - Berechnungsmodell	39

---

## Standard-Ethernet-Modell 1

### Beschreibung

Dieses Modell wird in Kapitel 13.3 des Standards 802.3 beschrieben. Darin wird vorausgesetzt, dass alle Kommunikationskomponenten innerhalb der im vorigen Kapitel beschriebenen Grenzwerte betrieben werden.

Das Modell definiert einfache Regeln für die Implementierung eines Ethernet-Netzwerks (10 Mbit/s).

- Der Übertragungskanal zwischen zwei beliebigen DTEs kann aus bis zu **fünf** Segmenten und **vier** Repeatern bestehen.
- Besteht ein Übertragungskanal aus vier Repeatern und fünf Segmenten, dürfen die einzelnen Segmente in 10 Base FL eine Länge von 500 m nicht überschreiten.
- Besteht ein Übertragungskanal aus drei Repeatern und vier Segmenten, gelten die folgenden Einschränkungen:
  - Die maximale Länge von Fasersegmenten zwischen Repeatern darf für 10 Base FL 1000 m nicht überschreiten.
  - Die maximale Länge von Fasersegmenten zwischen einem Repeater und einer DTE darf für 10 Base FL 400 m nicht überschreiten.

**Hinweis:** Für 10 Base T-Segmente müssen die unter 5.1.3 beschriebenen physikalischen Grenzwerte eingehalten werden.

**Hinweis:** Der Standard 802.3 enthält zusätzliche Regeln für den Fall, dass andere Komponenten oder Übertragungsmedien wie z.B. 10 Base-FB, 10 Base-FP, AUI (Attachment Unit Interface) usw. verwendet werden. Falls erforderlich müssen Sie dieses Dokument zu Rate ziehen.

## Standard-Ethernet-Modell 2

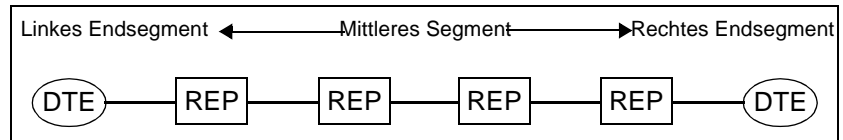
---

### Beschreibung

Bei dem vorigen Modell handelt es sich um eine vereinfachte Vorgehensweise, die eine Richtlinie für die erste Stufe des Entwurfs von Netzwerken bietet.

In Kapitel 13.4 von Standard 802.3 wird das Übertragungsmodell 2 beschrieben, das eine genauere Beschreibung der Vorgehensweise enthält, mit der der maximale Netzwerkbereich berechnet wird.

Dieses Modell besteht aus einer Aneinanderreihung von Segmenten mit einem linken Endsegment, mittleren Segmenten und einem rechten Endsegment.





**Erfüllung der Regel 1:  
Berechnung des PDV (Path Delay Value; Latenzzeit des Kanals)**

Zunächst muß der ungünstigste Kanal im Netzwerk ausgewählt werden. Dies ist der Kanal zwischen zwei DTEs, der die längste doppelte Signallaufzeit aufweist.

**Festgelegte Latenzzeit:**

Im Ethernet-Modell 2 des Standards werden feste Werte für die Latenzzeiten aller Segmenttypen festgelegt, die von deren Position im Modell abhängig sind. Außerdem wird die doppelte Signallaufzeit (RTD) für jeden Meter des Übertragungsmediums definiert (RTD/m). Alle Latenzzeiten werden in Bitzeit (BZ) angegeben. Dieser Wert steht für 100 ns bei 10 Mbit/s.

Segmenttypen	Max. Länge	Grundverzögerung linkes Abschlussegment	Grundverzögerung Mittelsegment	Grundverzögerung rechtes Abschlussegment	RTD/m
10 Base T	100 m	15,25 BZ	42 BZ	165 BZ	0,113 BZ/m
10 Base FL	2.000 m	12,25 BZ	33,5 BZ	156,5 BZ	0,100 BZ/m

**Hinweis:** 0,113 BZ = 11,3 ns/m; dies entspricht einer Verbreitungsgeschwindigkeit von 5,65 ns/m.

**Berechnung des SDV**

Die folgende Tabelle ermöglicht die Ermittlung des SDV (Segment Delay Value; Latenzzeit des Segments) für jedes Segment mithilfe der folgenden Formel:

$$\text{SDV} = \text{Grundverzögerung} + [\text{Länge} \cdot (\text{RTD/m})]$$

Der SDV eines Segments am rechten Ende mit einer Länge von 80 m in 10 Base T beträgt zum Beispiel:

$$\text{SDV} = 165 \text{ BT} + 80 \text{ m} \cdot 0,113 \text{ BT/m} = 165 \text{ BT} + 9,04 \text{ BT} = 174,04 \text{ BT}$$

**Berechnung des PDV (Path Delay Value; Latenzzeit des Kanals):**

Der PDV ist die Summe aller SDVs des Kanals zuzüglich eines Spielraums von bis zu 5 Bit.

**Hinweis:** Aufgrund der Ethernet-Regel 1 darf der PDV 575 BZ nicht überschreiten.

**Hinweis:** Wenn bei der Ermittlung des ungünstigsten Kanals ein Kanal untersucht wird, der unterschiedliche Typen von Endsegmenten hat, muss die Berechnung zweimal durchgeführt werden, wobei zunächst ein Ende des Kanals als linkes Ende betrachtet wird und dann das andere. Der höchste Wert aus dieser Berechnung wird dann als PDV verwendet.

**Hinweis:** Der Standard 802.3 enthält zusätzliche Informationen für den Fall, dass andere Komponenten oder Übertragungsmedien wie z.B. 10 Base-2, 10 Base-5, AUI usw. verwendet werden. Falls erforderlich müssen Sie dieses Dokument zu Rate ziehen.

**Erfüllung der  
Regel 2:  
Berechnung des  
Variabilitäts-  
werts des  
Kanals****SVV - Segment Variability Value/Variabilitätswert des Segments:**

Im Ethernet-Modell 2 des Standards werden feste Werte für die Latenzzeiten aller Segmenttypen festgelegt, die von deren Position im Modell abhängig sind.

Segmenttypen	Übertragendes Endsegment, linkes oder rechtes Endsegment	Mittleres Segment
10 Base T	10,5 BZ	8 BZ
10 Base FL	10,5 BZ	8 BZ

**PVV - Path Variability Value/Variabilitätswert des Kanals:**

Der ungünstigste Kanal im Netzwerk (mit der höchsten Anzahl von Segmenten) muss identifiziert und der Variabilitätswert für diesen Kanal ermittelt werden.

Das empfangende Endsegment ist in diesem Szenario nicht enthalten. Folglich ist das gewählte übertragende Endsegment das Segment mit dem schlechtesten SVV (Dies könnte auch für andere Datenübertragungsschichten als die obigen der Fall sein.).

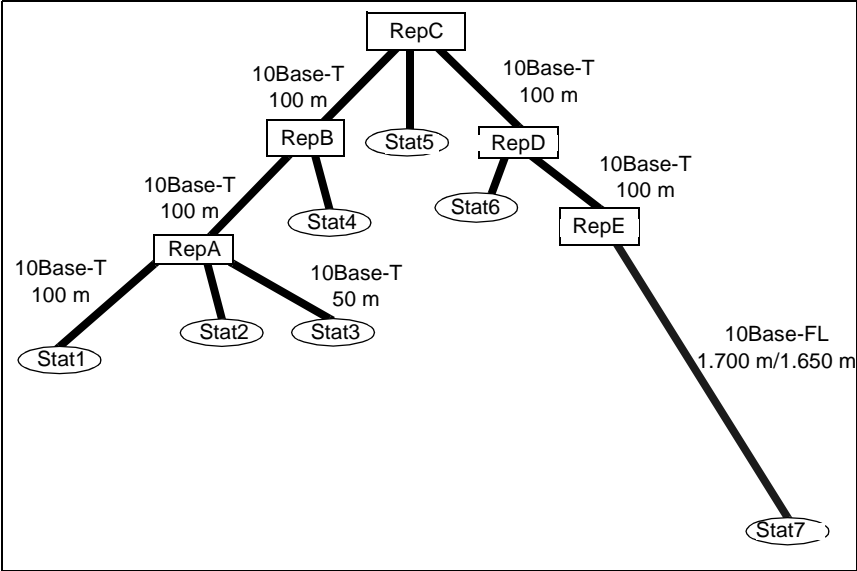
Der PVV ist die Summe aller SVV der mittleren Segmente sowie der SVV des übertragenden Endsegments.

**Hinweis:** Aufgrund der Ethernet-Regel 2 darf der **PVV 49 BZ nicht überschreiten**.

**Hinweis:** Der Standard 802.3 enthält zusätzliche Informationen für den Fall, dass andere Komponenten oder Übertragungsmedien wie z.B. 10 Base-2, 10 Base-5, AUI usw. verwendet werden. Falls erforderlich müssen Sie dieses Dokument zu Rate ziehen.

**Beispiel für eine  
Berechnung  
nach Modell 2**

Beispiel 1:



In dieser Architektur liegt der ungünstigste Pfad zwischen Station 1 und Station 7: Es gibt 5 Repeater auf dem Kanal, und die Entfernung beträgt insgesamt 2.200 oder 2.150 m.

In der ersten Tabelle unten wird die Berechnung des PDV und des PVV für ein Glasfaserkabel mit einer Länge von 1.700 m zwischen Repeater E und Station 7 dargestellt.

	Im Standard festgelegter SDV				Im Standard festgelegter SVV		
Segmenttypen	Grundverzögerung linkes Abschlussseg.	Grundverzögerung Mittelseg.	Grundverzögerung rechtes Abschlussseg.	RTD/m	Übertragendes Endseg.	Mittleres Segment	Max. Länge
10 Base T	15,250 BZ	42,000 BZ	165,000 BZ	0,113 BZ/m	10,5 BZ	8 BZ	100 m
10 Base FL	12,250 BZ	33,500 BZ	156,500 BZ	0,100 BZ/m	10,5 BZ	8 BZ	2.000 m

Berechnung für Beispiel 1 mit 1700 m zwischen RepE und Station 7 :

Berechnung des PDV					Berechnung des PVV		
Erstes Endsegment		Linkes Endsegment	Rechtes Endsegment		Berechneter SVV	SVV d. Segments	
Typ	10 Base T	15,250 BZ	165,000 BZ		10,5 BZ	10,5 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ		8 BZ	8 BZ	
Mittleres Seg. 1							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Mittleres Seg. 2							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Mittleres Seg. 4							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Letztes Endsegment							
Typ	10 Base FL	156,500 BZ	12,500 BZ		0,0 BZ	10,5 BZ	
Länge	1.700 m	170,000 BZ	170,000 BZ				
Spielraum		5,000 BZ	5,000 BZ				
						Max. =	Länge gesamt
	PDV gesamt	571,250 BZ	576,750 BZ	575 BZ	42,5 BZ	49,0 BZ	2.200 m
		OK	FEHLER		OK		

Daraus folgt, dass die Architektur nicht gültig ist: Der PVV ist richtig, ebenso der PDV von Station 1 nach Station 7. Der PDV von Station 7 nach Station 1 überschreitet jedoch den Grenzwert von 575 BZ.

Wird die Länge des Glasfaserkabels auf 1.650 m beschränkt, dann ist die Architektur gültig, wie in der folgenden Tabelle gezeigt wird.

	Berechnung des PDV				Berechnung des PVV		
Erstes Endsegment		Linkes Endsegment	Rechtes Endsegment		Berechneter SVV	SVV d. Segments	
Typ	10 Base T	15,250 BZ	165,000 BZ		10,5 BZ	10,5 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ		8 BZ	8 BZ	
Mittleres Seg. 1							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Mittleres Seg. 2							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Mittleres Seg. 4							
Typ	10 Base T	42,000 BZ	42,000 BZ		8 BZ	8 BZ	
Länge	100 m	11,300 BZ	11,300 BZ				
Letztes Endsegment							
Typ	10 Base FL	156,500 BZ	12,500 BZ		0,0 BZ	10,5 BZ	
Länge	1.650 m	165,000 BZ	165,000 BZ				
Spielraum		5,000 BZ	5,000 BZ				
						Max. =	Länge gesamt
	PDV gesamt	566,250 BZ	571,750 BZ	575 BZ	42,5 BZ	49,0 BZ	2.150 m
		OK	OK		OK		

**Hinweis:** Dieses Beispiel zeigt, dass es bei einem asymmetrischen Netzwerk wichtig ist, den PDV für beide Richtungen zu berechnen.

**Hinweis:** Außerdem lässt sich feststellen, dass in Modell 2 die maximale Anzahl zulässiger Repeater höher ist, fünf in diesem Beispiel.

## Schneider Automation - Berechnungsmodell

### Übersicht

Das Berechnungsmodell von Schneider Automation ist vom Standard-Ethernet-Modell 2 abgeleitet. Es wurde so angepasst, dass es ideal geeignet ist, um ein Netzwerk zu berechnen, das ausschließlich aus Komponenten von Schneider Automation besteht. Genau wie Modell 2 umfasst es alle Netzwerkkomponenten, die auf dem Signalkanal liegen. Die Art der Vereinfachung wurde geändert, so dass eine viel genauere Berechnung des maximalen Netzwerkbereichs möglich ist. Dabei wurden die hohe Qualität der Komponenten und die daraus resultierenden verbesserten Übertragungseigenschaften berücksichtigt.

### Erfüllung der Ethernet-Regel 1

#### Laufzeitäquivalenz-Parameter:

Um die Berechnung für die Überprüfung einer 10-Mbit/s-Domäne zu vereinfachen, werden alle Signallaufzeiten in den Laufzeitäquivalenz-Entfernungen angegeben. Jedes Produkt von Schneider Automation wird folglich durch diese, in folgender Tabelle aufgeführten Parameter gekennzeichnet:

Produktmerkmale			Laufzeitäquivalenz
Hub, 4 Ports, 10BT	499 NEH00410	TP<>TP	190 m
Hub, 5 Ports, BT/FL	499 NOH00410	TP<>TP	190 m
		TP<>FO	360 m
		FO<>FO	260 m
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m
DTE		TP-Port	140 m

#### Max. Durchmesser:

Die Beschränkung des Durchmessers für eine Ethernet-Domäne mit 10 Mbit/s ist auf **4520 m** festgelegt. Dies entspricht einer Signalgeschwindigkeit von 5,66 ns/m während 25,6 s (die Hälfte der Übertragungszeit für den kürzesten Rahmen mit 512 Bit).

Zur Überprüfung wird die Laufzeitäquivalenz-Entfernung eines Kanals berechnet, indem alle durchlaufenen Komponenten addiert werden:

- Die Laufzeitäquivalenz-Entfernung ist die Summe der Laufzeitäquivalenz-Parameter für alle Repeater zuzüglich der Gesamtlänge der Kabel und Glasfasern auf dem Kanal.
- Die der Laufzeit entsprechende Entfernung innerhalb derselben Domäne sollte weniger als 4.520 m betragen.

## Erfüllung der Ethernet-Regel 2

### Variabilitätswert:

Wie im Ethernet-Modell 2 kann durch jeden Repeater der Abstand zwischen Rahmen verringert werden. Deshalb ist jedes Produkt von Schneider Automation durch einen Variabilitätswert gekennzeichnet, der in folgender Tabelle aufgeführt wird.

Produktmerkmale			Laufzeitäquivalenz
Hub, 4 Ports, 10BT	499 NEH00410	TP<>TP	4,0 BZ
Hub, 5 Ports, BT/FL	499 NOH00410	TP<>TP	3,0 BZ
		TP<>FO	6,0 BZ
		FO<>FO	3,0 BZ
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	1,0 BZ

Ausgehend von den im Ethernet-Modell 2 zulässigen 49 BZ wird der Variabilitätswert durch folgende Punkte um 9 BZ verringert:

- Die Taktverzögerung von 2,5 BZ
- Die Verzögerung beim Einschalten der ersten DTE von 3,5 BZ
- Ein Sicherheitsspielraum von 3,0 BZ

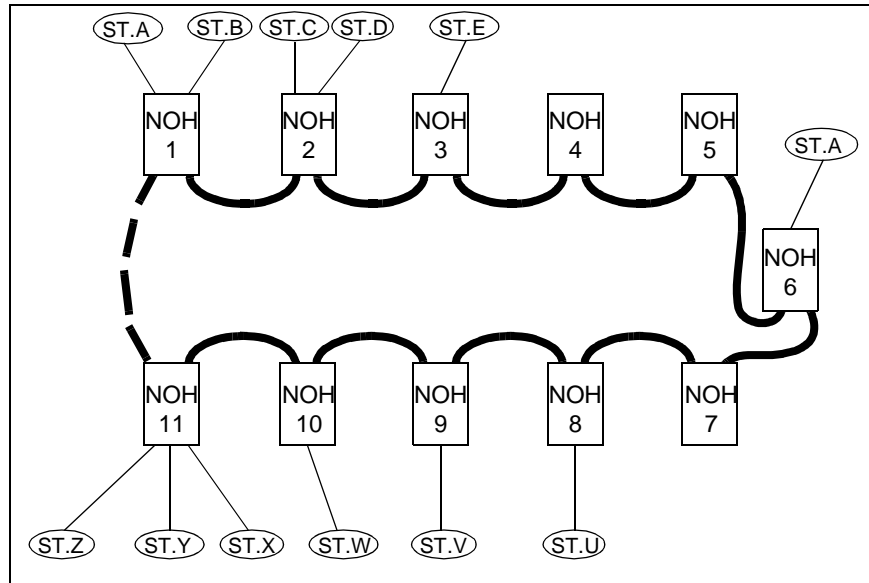
Damit stehen die verbleibenden 40 BZ den anderen Übertragungskomponenten im Signalkanal zur Verfügung

Der Variabilitätswert für einen Kanal entspricht der Summe der Variabilitätswerte aller Repeater entlang des Kanals.

Der Variabilitätswert eines Kanals in der Domäne darf 40 BZ nicht überschreiten.

**Überprüfung  
einer  
Konfiguration:  
Beispiel 1**

Das folgende Beispiel stellt die Überprüfung eines optischen Bus aus 11 kaskadierenden Hubs 499NOH00510 dar, der zu einem Ring geschlossen werden kann:





**Berechnung zur  
Überprüfung**

Der ungünstigste Kanal ist in diesem Fall der zwischen Station A (ST.A) und Station Z (ST.Z), wenn der Ring nicht durch eine Verbindung geschlossen wurde. Die Tabelle unten zeigt, wie die beiden Merkmale des ungünstigsten Kanals berechnet werden können: die Laufzeitäquivalenz-Entfernung und der Variabilitätswert des Kanals:

Produktmerkmale			Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
Hub, 4 Ports, 10BT	499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4 BZ
Hub, 5 Ports, TP/FL	499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3 BZ
	499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6 BZ
	499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3 BZ
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1 BZ
DTE (Datenendeinrichtung)	DTE	TP-Port	140 m	

**Erkennung des ungünstigsten Kanals**

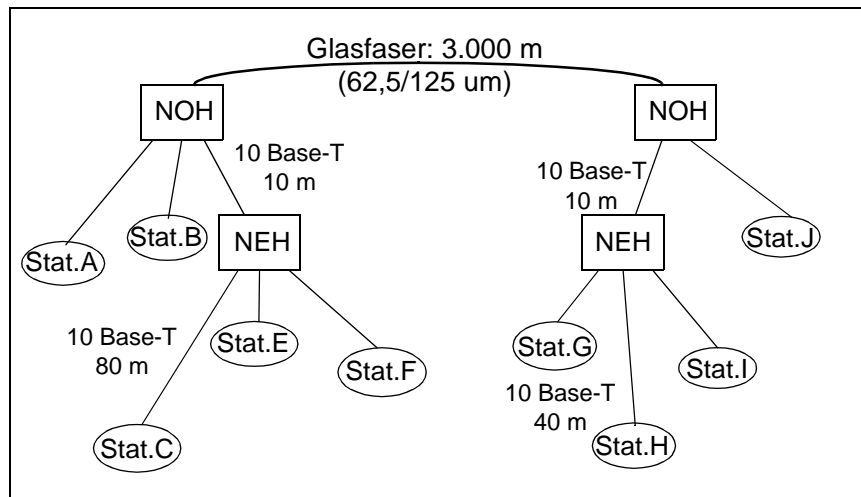
Produkt	Typ	Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert	Nr.	Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
DTE	TP-Port	140 m	0,0 BZ	2	280 m	0,0 T
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BZ	0	0 m	0,0 T
499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3,0 BZ	0	0 m	0,0 BZ
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BZ	2	720	12,0 BZ
499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3,0 BZ	9	2340	27,0 BZ
499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1,0 BZ	0	0 m	0,0 BZ
	Laufzeitäquivalenz gesamt				3.340 m	
	SUMME PPV					39,0 BZ
			Maximalwerte		4.520 m	40,0 BZ
			Spielraum		1.180 m	1,0 BZ

**Hinweis:** Die maximale Anzahl kaskadierender Hubs beträgt 11.

Diese Tabelle kann in ein einfaches Arbeitsblatt eingefügt werden, die einzigen Einträge sind die Angaben zur Anzahl der Komponenten auf dem Kanal (graue Rechtecke), und der Spielraum gibt die für Kabel verfügbare Länge an.

**Beispiel 2:**

Diese Konfiguration enthält auch Glasfasern:



Der ungünstigste Kanal wurde zwischen Station C und Station H festgestellt. In der Tabelle unten wird der Kanal zwischen diesen beiden Stationen vollständig beschrieben, und es werden die der Laufzeit entsprechende Entfernung und der Variabilitätswert des Kanals berechnet.

Produktmerkmale			Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
Hub, 5 Ports, TP/FL	499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3 BZ
	499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6 BZ
	499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3 BZ
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1 BZ
DTE (Datenendeinrichtung)	DTE	TP-Port	140 m	

## Beschreibung des ungünstigsten Kanals

Produkt	Typ	Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
DTE	TP-Port	140 m	
Paarig verdreht		80 m	
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BZ
Paarig verdreht		10 m	
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BZ
Glasfaser		3.000 m	
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BZ
Paarig verdreht		10 m	
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BZ
Paarig verdreht		40 m	
DTE	TP-Port	140 m	
	Kabel gesamt	3.140 m	
	Verwendet insgesamt	4.520 m	20,0 BZ
	Maximalwerte	4.520 m	40,0 BZ
	Spielraum	0 m	20,0 BZ

**Beispiel 3:**

Im folgenden Beispiel wird die Anzahl elektrischer Hubs 499NEH00410 berechnet, die maximal kaskadiert werden können:

Produktmerkmale			Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
Hub, 4 Ports, 10BT	499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4 BZ
Hub, 5 Ports, TP/FL	499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3 BZ
	499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6 BZ
	499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3 BZ
Transceiver TP/FL	499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1 BZ
DTE (Datenendeinrichtung)	DTE	TP-Port	140 m	

## Erkennung des ungünstigsten Kanals

Produkt	Typ	Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert	Nr.	Laufzeitäquivalenz	Variabilitätswert
DTE	TP-Port	140 m	0,0 BZ	2	280 m	0,0 BZ
499 NEH 00410	TP<>TP	190 m	4,0 BZ	10	1.900 m	40,0 BZ
499 NOH 00510	TP<>TP	190 m	3,0 BZ	0	0 m	0,0 BZ
499 NOH 00510	TP<>FO	360 m	6,0 BZ	0	0	12,0 BZ
499 NOH 00510	FO<>FO	260 m	3,0 BZ	0	0	27,0 BZ
499 NTR 00010	TP<>FO	50 m	1,0 BZ	0	0 m	0,0 BZ
	Laufzeitäquivalenz gesamt				2.180 m	
		SUMME PPV				40,0 BZ
			Maximalwerte		4.520 m	40,0 BZ
			Spielraum		2.340 m	0,0 BZ

Diese Berechnung zeigt, dass 10 Hubs 499NEH00410 kaskadiert werden können und dass für die Kabel eine Entfernung von 2.340 m verfügbar ist. Da jedoch für alle Schnittstellen verdrehte Kabelpaare verwendet werden müssen, darf die maximale Länge zwischen zwei Komponenten höchstens 100 m betragen. Deshalb sollte die Gesamtkabellänge zwischen den beiden Endstationen  $11 \times 100 = 1.100$  m nicht überschreiten.

---

## 5.3 Berechnungsmodelle für eine Ethernet-Domäne mit 100 Mbit/s

---

### Einführung

### Übersicht

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Ethernet-Standardmodelle mit 100 Mbit/s beschrieben.

### Inhalt dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Standard-Übertragungsmodell 1	47
Standard-Übertragungsmodell 2	48

---

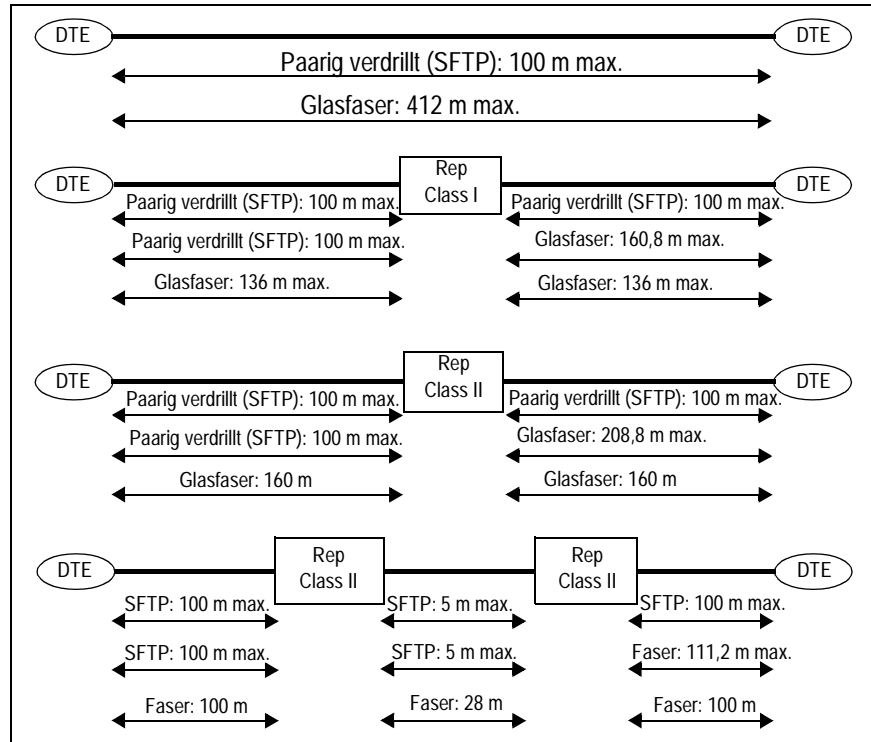
## Standard-Übertragungsmodell 1

### Topologie und Regeln

Der Standard definiert zwei Arten von Repeatern, die folgende Regeln erfüllen:

- Innerhalb einer Kollisionsdomäne kann es nur einen Repeater nach Class I geben.
- Innerhalb einer Kollisionsdomäne kann es zwei Repeater nach Class II geben.

Das Übertragungsmodell 1 definiert die folgenden Topologien und damit verbundenen Regeln für Datenübertragungsschichten nach 100 Base Tx und 100 Base Fx:



## Standard-Übertragungsmodell 2

**Tabelle und ungünstigste Latenzzeit des Kanals**

Das Übertragungsmodell 2 ist vom Modell 2 für 10-Mbit/s-Domänen abgeleitet und für 100 Mbit/s angepasst worden.  
Die folgende Tabelle führt für dieses Modell die maximalen Signallaufzeiten für Repeater und Übertragungsmedium auf. In die Tabelle können herstellerdefinierte Parameter eingefügt werden.

Latenzzeit der Netzwerkkomponenten	Länge	RTD (Round trip delay; doppelte Signallaufzeit) in BZ/m	Max. RTD in BZ
Zwei Tx/Fx DTE			100,00 BZ
SFTP-Kabel	100 m	1,112 BZ/m	111,20 BZ
Glasfaser	412 m	1,000 BZ/m	412,00 BZ
Repeater Class I			140,00 BZ
Repeater Class II (Tx/Fx-Port)			92,00 BZ
499NEH04100	Hub, 4 Ports, Tx		92,00 BZ
499NTR00100	Trcvr Tx/Fx		84,00 BZ

Das Modell bietet eine Methode zur Berechnung des Wertes der ungünstigsten Latenzzeit des Kanals für ein Netzwerk. Damit kann die Erfüllung der Ethernet-Regeln überprüft werden.  
Diese Methode wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

Beschreibung des ungünstigsten Kanals	Länge	RTD in BZ/m	Max. RTD in BZ
Zwei Tx/Fx DTE			100,00 BZ
SFTP-Kabel	50 m	1,112 BZ/m	56,60 BZ
499NEH04100			92,00 BZ
SFTP-Kabel	10 m	1,112 BZ/m	11,12 BZ
499NTR00100			84,00 BZ
Glasfaser	165 m	1,000 BZ/m	165,00 BZ
Sicherheitsspielraum			4,00 BZ
GESAMT	225 m		511,72 BZ
			OK

## 5.4           Anschließen von Switches

---

### Anschließen von Switches

---

#### **Empfehlung**

Wenn zwei Switches angeschlossen werden, kann die Leitung im Vollduplexbetrieb genutzt werden, ohne dass es auf diesem Segment zu Kollisionen kommt. Die für die Kollisionsdomäne angewandten Regeln dürfen nicht verwendet werden. Die Grenzwerte werden von der verwendeten Datenübertragungsschicht bestimmt. So ist es beispielsweise möglich, zwei Switches mit einem Glasfaserkabel von 3.000 m Länge über die 100 Base FX-Ports zu verbinden.

---



---

# Empfehlungen für die Verkabelung



---

## Einführung

**Übersicht**      Dieses Kapitel enthält alle Empfehlungen für die Verkabelung eines Ethernet-Netzwerks.

**Inhalt dieses Kapitels**      Dieses Kapitel enthält die folgenden Abschnitte:

Abschnitt	Thema	Seite
6.1	Grundlegende Regeln	53
6.2	Vorschriften für die Verdrahtung	63
6.3	Verwendung der Kabelverläufe	67
6.4	Verbindungen zwischen Gebäuden	82
6.5	Verwendung von Glasfasern	85

---



# 6.1 Grundlegende Regeln

## Regeln und Vorsichtsmaßnahmen

**Einführung** Im folgenden Kapitel werden die Regeln und Vorsichtsmaßnahmen beschrieben, die bei der Montage einer Ethernet-Verkabelung beachtet werden müssen, um optimale Bedingungen zu gewährleisten.

**Inhalt dieses Abschnitts** Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Auf einen Blick	54
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	55
Erde und Massen	56
Differentialmodus und Gleichtaktmodus	58
Verkabelung der Massen und des Nullleiters	59
Wahl der Stromkabel für Transparent Factory	60
Empfindlichkeit der verschiedenen Kabelfamilien	62

## Auf einen Blick

---

### Beschreibung

Bei der Installation eines Transparent Factory-Systems müssen einige Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden. Nachfolgend wird erläutert, welche Kabel zu wählen sind, warum und wie diese installiert werden müssen, damit das System zufriedenstellend funktioniert.

### Prinzipien

- Die Geräte, welche den Industrienormen genügen (elektromagnetische Verträglichkeit "EMV"), können eigenständig betrieben werden.
- Wenn diese Geräte untereinander verbunden werden, sind bestimmte Vorkehrungen zu treffen, damit sie in ihrer elektromagnetischen Umgebung entsprechend ihrer Zweckbestimmung funktionieren.

Ein geeignetes Mittel zur Vermeidung sämtlicher EMV-Probleme an diesen Verbindungen ist die ausschließliche Verwendung von isolierenden Glasfaserkabeln für Transparent Factory.

**Hinweis:** Die Kennzeichnung CE ist in Europa gesetzlich geregelt. Sie stellt für sich allein keine Garantie für die tatsächlichen Leistungsmerkmale des Systems im Hinblick auf die EMV dar.

## Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

---

### **Beschreibung**

Die elektromagnetische Verträglichkeit ist die Fähigkeit eines Geräts oder eines Systems, in seiner elektromagnetischen Umgebung zu funktionieren, ohne elektromagnetische Störungen hervorzurufen, die für diese Umgebung oder für irgendein benachbartes Gerät inakzeptabel sind.

Falls Probleme auftreten (elektromagnetische Unverträglichkeit), können die Kosten für Änderungen sehr schnell beträchtlich werden, während viele geeignete EMV-Optionen, wenn sie von Anfang an getroffen werden, keine Kosten verursachen. Vermeiden Sie eine schlechte Wahl im Hinblick auf EMV, da dies vor allem teuer ist!

---

## Erde und Massen

---


### Einleitung

Die Aufgabe eines Erdnetzes besteht darin, Leckströme und Fehlerströme von Geräten, Gleichtaktströme von externen Kabeln (hauptsächlich Starkstrom- und Fernmeldekabel) und den direkten Blitzstrom in den Erdboden abzuleiten.

### Beschreibung

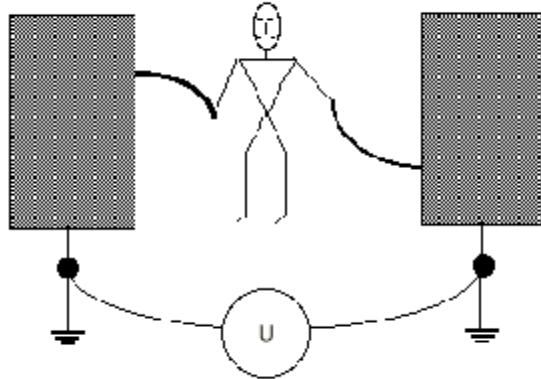
In physikalischer Hinsicht ist ein geringer Widerstand (in Bezug auf eine ferne Erde) für uns weit weniger von Interesse als die lokale Äquipotentialität des Gebäudes. Tatsächlich sind die empfindlichsten Leitungen diejenigen, welche die Geräte miteinander verbinden. Um das Zirkulieren von Gleichtaktströmen in den Kabeln, welche nicht aus dem Gebäude hinausführen, zu begrenzen, ist es erforderlich, die Spannungen zwischen Geräten zu begrenzen, die innerhalb des Standortes miteinander verbunden sind.

Eine Masse ist jeder einer Berührung zugängliche leitfähige Teil eines Geräts, der sich normalerweise nicht unter Spannung befindet, jedoch im Falle eines Fehlers spannungsführend werden kann.


	<b>ACHTUNG</b>
	<b>Gleichzeitige Zugänglichkeit von 2 Massen</b>
	Zwei gleichzeitig zugängliche Massen müssen eine Kontaktspannung "U" aufweisen, die kleiner als der übliche Grenzwert der Berührungsspannung ist (25 oder 50 V, je nach dem vorliegenden Fall). <b>Die Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßnahmen kann Körperverletzung oder Materialschaden zur Folge haben!</b>

**Prinzip**

Im Grunde genommen ist nichts anderes für die Sicherheit von Personen von Bedeutung, insbesondere weder der Erdungswiderstand noch die Art und Weise des Anschlusses der Massen an Erde.



Die elektronischen Geräte und Systeme sind miteinander verbunden. Das beste Mittel, um eine einwandfreie Funktion zu gewährleisten, besteht darin, für eine gute Äquipotentialität zwischen den Geräten zu sorgen. Im Unterschied zur Sicherheit von Personen, bei der es sich um eine den Niederfrequenzbereich betreffende Anforderung handelt, muss die Äquipotentialität zwischen Geräten, insbesondere für digitale Geräte, bis hin zu sehr hohen Frequenzen zufriedenstellend bleiben.

	<b>ACHTUNG</b>
	<b>Sicherheitsvorschriften</b> Bei Widersprüchen haben die Sicherheitsvorschriften Vorrang vor den Forderungen, welche die EMV betreffen. Bei Widersprüchen zwischen den Empfehlungen dieses Handbuches und den speziellen Anweisungen für ein Gerät haben die letzteren Vorrang.  <b>Die Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßnahmen kann Körperverletzung oder Materialschaden zur Folge haben!</b>

## Differentialmodus und Gleichtaktmodus

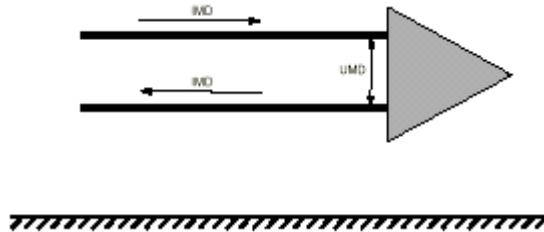
---

### Differenti- almodus

Der **Differentialmodus** ist die normale Art der Übertragung elektrischer und elektronischer Signale. Die in elektrischer Form vorliegenden Transparent Factory-Daten werden im Differentialmodus übertragen. Der Strom fließt über den einen Leiter hin und über den anderen Leiter zurück. Die Differenzspannung wird zwischen den Leitern gemessen.

Wenn sich Hin- und Rückleitung einerseits nebeneinander befinden, wie dies in den Transparent Factory-Kabeln der Fall ist, und andererseits von Störströmen entfernt sind, so sind **die Störungen des Differentialmodus im Allgemeinen vernachlässigbar**.

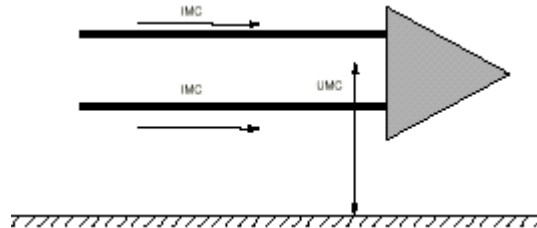
Differentialmodus



### Gleichtaktmodus

Der **Gleichtaktmodus** ist ein parasitärer Modus, bei dem der Strom in den beiden Leitern in derselben Richtung fließt und über die Masse zurückfließt.

Gleichtaktmodus



Eine Masse (zum Beispiel ein leitfähiges Gehäuse) dient als Bezugspotential für die Elektronik und als Rückleitung für die Ströme des Gleichtaktmodus. Jeder Strom, auch ein Starkstrom, der über ein Kabel im Gleichtaktmodus in ein von den Massen isoliertes Gerät eindringt, verlässt dieses Gerät über die anderen Kabel, einschließlich der Transparent Factory-Kabel, falls solche vorhanden sind.



---

## Verkabelung der Massen und des Nullleiters

---

### Vermaschung der Massen

Wenn die Massen schlecht vermascht sind, stört ein Kabel, durch das ein Gleichtaktstrom fließt, alle anderen Kabel und somit auch die Transparent Factory-Stromkabel. Durch eine gute Vermaschung der Massen wird diese Erscheinung eingeschränkt.

Sowohl für die Ebene der Schaltschränke als auch für die der Maschinen und der Gebäude werden die geeigneten Verfahren zur Verkabelung und damit zur Vermaschung der Massen im Handbuch TSX DG KBL F erläutert, welches separat zu bestellen ist.

<b>Hinweis:</b> Die Hochfrequenz-Störungen, die im Gleichtaktmodus an den Kabeln auftreten, sind das Hauptproblem hinsichtlich der EMV.
---

---

### Verkabelung des Nullleiters

Die Nullleiter-Schaltung TN-C ermöglicht dadurch, dass der Nullleiter (mit N bezeichnet, Strom führend) mit dem Schutzleiter (mit PE bezeichnet) zusammenfällt, dass starke Ströme durch die Massen fließen.

Die Nullleiter-Schaltung TN-C wirkt sich daher negativ auf die elektromagnetische Umgebung aus.

Die Nullleiter-Schaltung TN-S (mit oder ohne Rest-Differentialstrom-Schutz) ist auf jeden Fall vorzuziehen.

<b>Hinweis:</b> Die örtlichen Sicherheitsbestimmungen müssen jedoch stets genauestens eingehalten werden.
---

## Wahl der Stromkabel für Transparent Factory

---

### **Geschirmte Kabel**

Die Wahl der Qualität der Abschirmung ist vom Verbindungstyp abhängig. SCHNEIDER ELECTRIC legt die Kabel für jeden Feldbus und jedes lokale Netz so fest, dass die elektromagnetische Verträglichkeit der Anlage gewährleistet ist. Ein geschirmtes Kabel bietet einen ausgezeichneten Schutz vor elektromagnetischen Störungen, insbesondere bei hohen Frequenzen. Die Wirksamkeit eines geschirmten Kabels hängt von der Wahl der Abschirmung und in noch stärkerem Maße von ihrer Anwendungsweise ab.

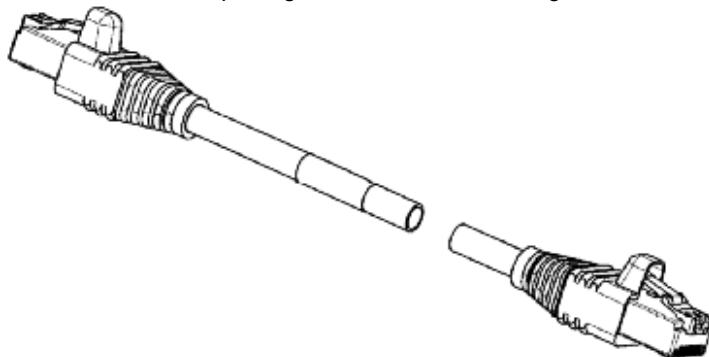
**Hinweis:** Die Kabel für Transparent Factory besitzen eine Bandage und eine Umflechtung.

### **Kabel mit Bandage**

Das Problem bei den Kabeln mit Bandage ist ihre Brüchigkeit. Die Hochfrequenz-Schutzwirkung einer Bandage wird durch den Umgang mit dem Kabel verringert. Zug- und Torsionsbeanspruchungen der Transparent Factory-Kabel müssen auf ein Minimum reduziert werden, insbesondere während der Installation. Die Schutzwirkung kann mit einer einfachen Umflechtung einige MHz bis einige Hundert MHz erreichen, wenn die Verbindungen der Abschirmung korrekt ausgeführt sind.

**Hinweis:** Der zweiseitige Anschluss der Abschirmung an die Massen ermöglicht einen Schutz vor den stärksten Störungen. Aus diesem Grunde ist es äußerst wichtig, jedes Ende der geschirmten Transparent Factory-Kabel ordnungsgemäß mit geschirmten Anschlüssen RJ45 zu versehen.

Kabel mit verdrehtem Adernpaar, geschirmt und mit Bandage



## Empfindlichkeit der verschiedenen Kabelfamilien

### Beschreibung

Übersichtstabelle

Familie	Kabel	Umfassen	EMV-Verhalten
1	Analoge Kabel	Speise- und Messstromkreise analoger Geber	Diese Signale sind empfindlich
2	Digitale und Fernmeldekabel	Digitale und Datenbus-Stromkreise, darunter Transparent Factory	Diese Signale sind empfindlich. Außerdem verursachen sie für die Familie 1 Störungen, wenn sie nicht ausreichend abgeschirmt sind
3	Relaiskabel	Schwachstromkreise mit Gefahr von Nachentladungen	Diese Signale verursachen für die Familien 1 und 2 Störungen
4	Speisekabel	Stromversorgungs- und Leistungskreise	Diese Signale verursachen Störungen

## 6.2 Vorschriften für die Verdrahtung

---

### Zu befolgende Regeln

---

#### Einführung

Die folgenden Regeln müssen' vom Monteur soweit möglich eingehalten werden.

---

#### Inhalt dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Erste Regel für die Verkabelung	64
Zweite Regel für die Verkabelung	65
Dritte Regel für die Verkabelung	66

---

## Erste Regel für die Verkabelung

### Prinzip

**Es ist wünschenswert, alle Verbindungen flach an äquipotentiellen Massestrukturen entlang zu verlegen, um von einer HF-Schutzwirkung zu profitieren.**

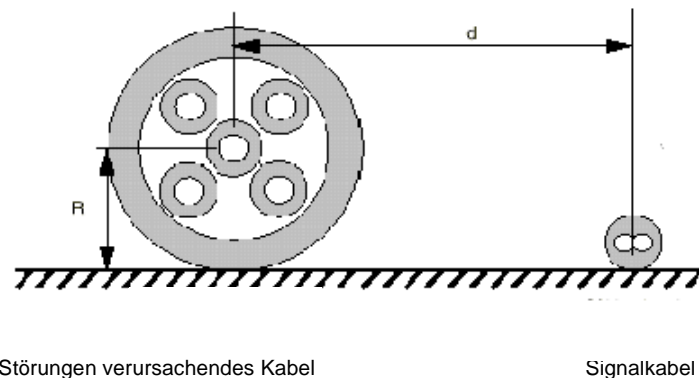
Die Verwendung von Leitungskabelwegen führt in der Mehrzahl der Fälle zu einem ausreichenden Schutz. Als Mindestanforderung muss sichergestellt werden, dass die Verbindungskabel innerhalb von Gebäuden oder zwischen Gebäuden über eine Masseverbindung verfügen: Erdungskabel oder Kabelweg.

Was die internen Verbindungen mit Schaltschränken und mit Maschinen betrifft, sind die Kabel systematisch an den Metallteilen entlang zu verlegen.

Damit eine ausreichende Schutzwirkung erhalten bleibt, wird empfohlen, zwischen Kabeln einen Abstand einzuhalten, der größer als das Fünffache des Radius "R" des stärksten dieser Kabel ist.

$$d > 5R$$

Anordnung der Kabel



## Zweite Regel für die Verkabelung

---

### Prinzip

**Nur Leitungspaare für analoge, digitale und Fernmeldesignale dürfen in ein und demselben Kabelbaum zusammengebunden werden.**

Die Relais-, Regler-, Speise- und Leistungskreise müssen von den oben genannten Leitungspaaren getrennt verlegt werden.

Insbesondere ist bei der Inbetriebnahme der Drehzahlregler darauf zu achten, dass die Leistungsverbindungen von den Datenverbindungen getrennt sind.

Soweit irgend möglich, sollte für die Leistungsverbindungen eine Kabelrinne vorgesehen werden, selbst in den Schaltschränken.

---

## Dritte Regel für die Verkabelung

---

### Prinzip

**Die Leistungskabel müssen nicht abgeschirmt werden, wenn sie mit einem Filter versehen sind.**

Demzufolge müssen die Leistungsausgänge der Drehzahlregler unbedingt entweder geschirmt oder mit einem Filter versehen sein.

---

## 6.3                    Verwendung der Kabelverläufe

---

### Grundlagen

**Einleitung**                    In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Montage von Kabelverläufen beschrieben.

---

**Inhalt dieses Abschnitts**                    Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Allgemeine Prinzipien der Verwendung von Kabelwegen	68
Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines homogenen Kabels	75
Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines heterogenen Kabels	77
Andere Schutzwirkungen	79

---



## Allgemeine Prinzipien der Verwendung von Kabelwegen

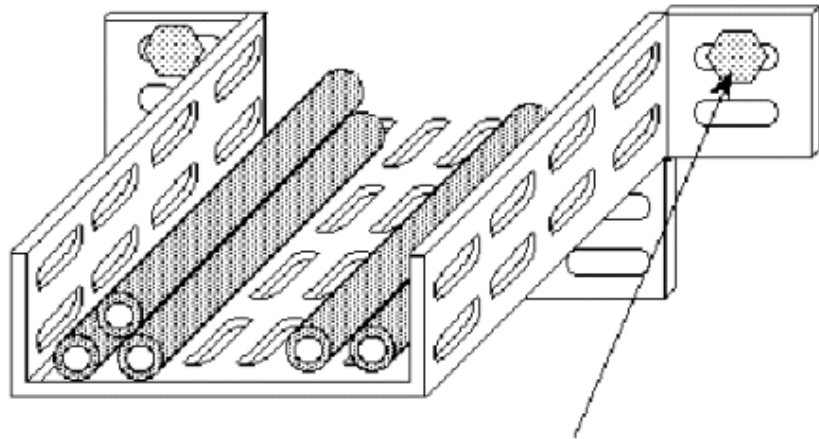
### Kabelwege aus Metall

Außerhalb der Schaltschränke müssen bei einer Länge von mehr als 3 m die **Kabelrinnen** aus **Metall** gefertigt sein. Diese Kabelwege müssen eine durchgehende elektrische Verbindung von einem Ende zum anderen aufweisen, was durch Verbindungsglaschen oder Metallfolien bewirkt werden kann.

Es ist sehr wichtig, dass diese Verbindungen durch Verbindungsglaschen oder Metallfolien hergestellt werden, anstatt durch eine Umflechtung oder gar einen runden Kabelkanal. Diese Kabelwege müssen auf dieselbe Weise an die Masse der Schaltschränke und der Maschinen angeschlossen werden. Falls erforderlich, sind Farbanstriche zuvor abzukratzen, um den Kontakt sicherzustellen.

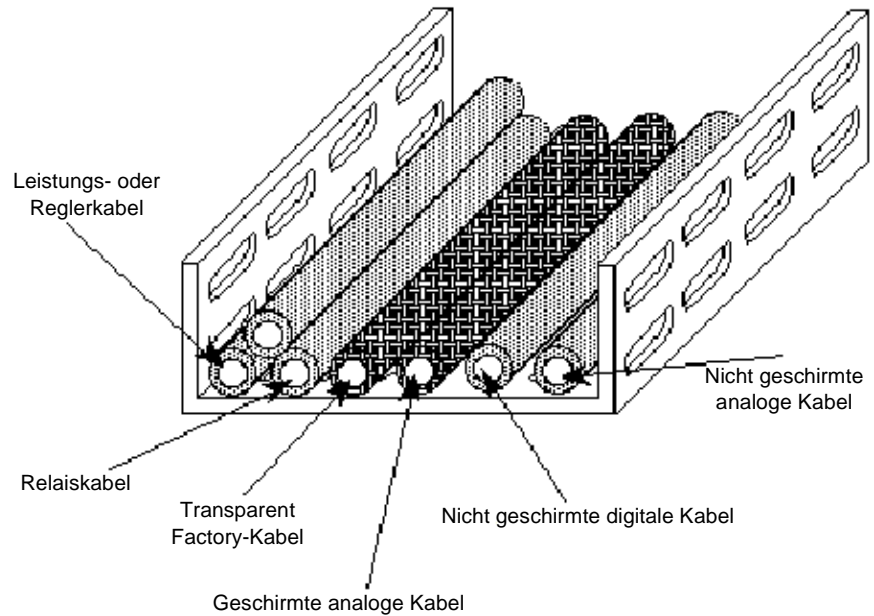
Das begleitende Kabel darf nur in den Fällen verwendet werden, in denen keine andere Lösung realisierbar ist.

Beispiel der Verwendung einer Kabelrinne aus Metall



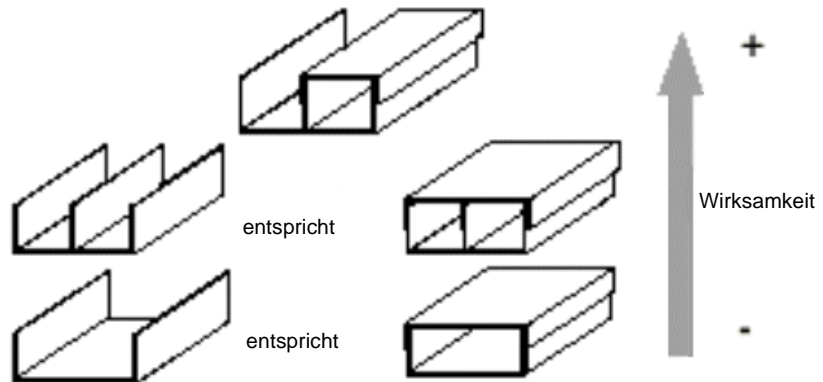
Alle Befestigungen müssen so ausgeführt werden, dass ein elektrischer Kontakt vorhanden ist. Den Anstrich ABKRATZEN

Nicht geschirmte Kabel müssen in den Ecken der Kabelrinnen befestigt werden, wie in der untenstehenden Abbildung dargestellt.



### Künftige Weiterentwicklungen

Berücksichtigen Sie künftige Weiterentwicklungen. Eine vertikale Trennung in der Kabelrinne ermöglicht es, eine Vermischung von nicht kompatiblen Kabeln zu vermeiden. Eine metallische Abdeckung auf der für die Signalkabel bestimmten Hälfte der Kabelrinne ist wünschenswert. Anzumerken ist, dass eine metallische Abdeckung auf der gesamten Kabelrinne keine Verbesserung der EMV bewirkt. Wirksamkeit der verschiedenen Typen von Kabelrinnen



### Fall des TF Ethernet

Für TF Ethernet muss, wie für jedes Kommunikationsnetz, ein erster oberer Grenzwert für die **Abschnittslänge (ohne Verstärker)** eingehalten werden. Dieser Grenzwert, welcher **100 Meter** beträgt, kann nur dann erreicht werden, wenn die Bedingungen der Installation im Hinblick auf die EMV zufriedenstellend sind (insbesondere: Verlegung der Kabel in Kabelrinnen aus Metall, die eine durchgehende elektrische Verbindung von einem Ende zum anderen und eine Verbindung mit der Vermaschung der Massen und mit der Erde aufweisen).

Es ist daher erforderlich, eine **maximale theoretische Länge** für die elektromagnetische Verträglichkeit festzulegen. Dieser zweite Grenzwert ist ein theoretischer Wert, der zur Optimierung der Installationsbedingungen dient und **gleichzeitig** mit dem zuvor genannten Grenzwert eingehalten werden muss.

**Die theoretische Länge der EMV beträgt für TF Ethernet 400 Meter.**

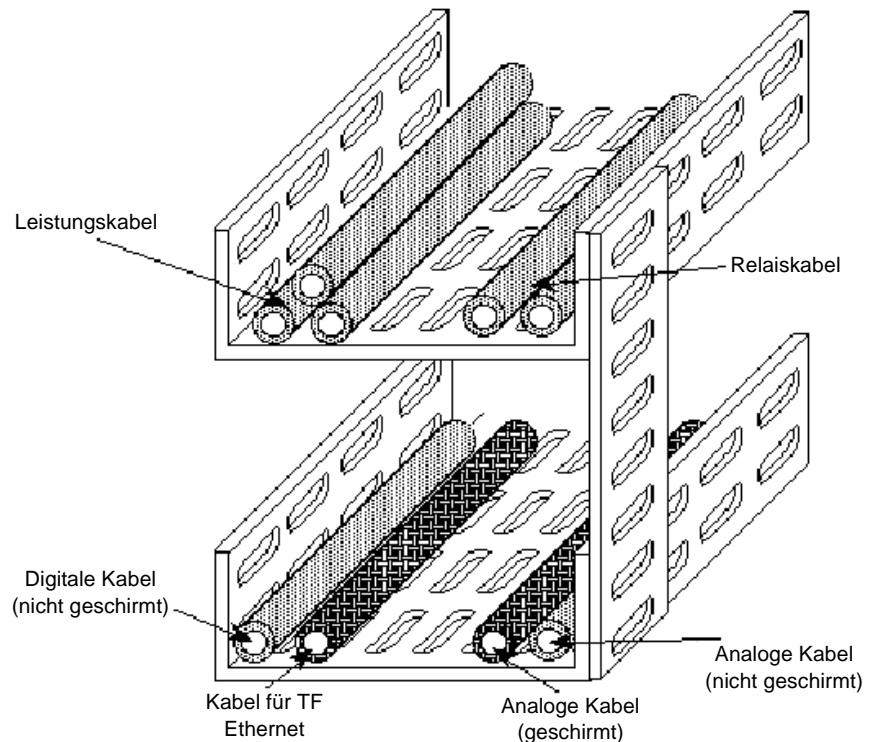
### Trennung der Kabel in Abhängigkeit von ihrem Typ

Soweit möglich, sind **zwei Kabelrinnen aus Metall** zu verwenden,

- : eine für Leistungs-, Relais- und Reglerkabel
- die andere für die Signalkabel (Geber, Datenübertragung, Fernmeldekabel usw.).

Diese zwei Kabelrinnen dürfen einander berühren, wenn ihre Länge unter 30 m beträgt. Bei Längen zwischen 30 und 100 m muss zwischen ihnen ein Abstand von 10 cm vorhanden sein, gleichgültig, ob sie nebeneinander oder übereinander angeordnet sind.

Beispiel einer Installation mit 2 Kabelrinnen



Diese speziellen Grenzwerte beziehen sich alle auf dieselbe Theoretische Länge EMV, oder " TLV ".

Voraussetzung dafür, dass diese TLV erreicht werden kann, ist, dass die folgenden zwei optimalen Bedingungen erfüllt sind:

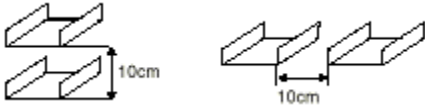

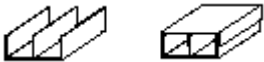
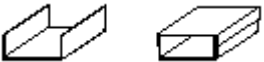
- Eine zweite Kabelrinne, die mindestens 30 cm entfernt ist, ist für die Leistungs- und Relaiskabel reserviert,
- Die Kabelrinnen sind zu höchstens 50 % ihres Fassungsvermögens ausgefüllt.

**Koeffizient Ki**

Je nach Typ des Kommunikationsnetzes kann dieser Wert unterschiedlich sein.

- Immer dann, wenn eine der beiden Bedingungen nicht von einem Ende bis zum anderen erfüllt ist, muss, um die elektromagnetische Verträglichkeit zu gewährleisten, auf die physische Länge der Kabelrinne ein Koeffizient angewendet werden. Diese Koeffizienten  $K_i$ , die in der nachfolgenden Tabelle definiert sind, messen die Verringerung der Schutzwirkung. Die sich daraus ergebende zulässige Länge ist dann kleiner als die TLV.
- Ebenso berücksichtigt der Koeffizient im Falle einer einzigen Kabelrinne für Leistungs- und Signalkabel gegebenenfalls das Fehlen einer metallischen Trennung oder einer metallischen Abdeckung auf der für die Signalkabel bestimmten Rinnenhälfte.

Übersichtstabelle

Symbol	Bedingung	Abbildung	Koeffizient	Gesamtlänge (1)
			$K_i$	$TLV \times 1/K_i$
K50	Eine einzige, zu 50 % oder mehr ausgefüllte Kabelrinne		2	200
K10	Kabelrinnen mit einem Abstand von 10 cm (anstelle von 30 cm)		2	200
K6	Eine einzige Kabelrinne oder 2 aneinander grenzende Kabelrinnen mit Trennung und Abdeckung auf der für die Signalkabel bestimmten Kabelrinnenhälfte		4	100
K8	Eine einzige Kabelrinne oder 2 aneinander grenzende Kabelrinnen ohne Abdeckung auf der für die Signalkabel bestimmten Kabelrinnenhälfte		6	100
K0	Eine einzige Kabelrinne oder 2 aneinander grenzende Kabelrinnen ohne Trennung		12	30

(1) Maximale Gesamtlänge, falls dies die einzige ungünstige Bedingung ist (mit TLV = 400 m)

## Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines homogenen Kabels

---

### Einleitung

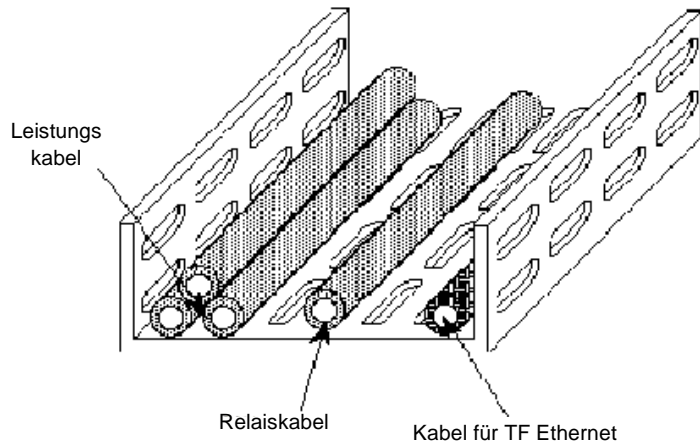
Es gibt zwei Möglichkeiten der Verwendung der Koeffizienten  $K_i$ .

- Um die zulässige physische Länge zu erhalten, geht man von der TLV aus und dividiert sie durch  $K_i$  (Beispiele 1 und 2, siehe unten).
- Wenn man umgekehrt die physischen Längen vorgibt, kann man sie mit  $K_i$  multiplizieren und das Ergebnis mit der TLV vergleichen, um zu überprüfen, ob die Anforderungen der EMV erfüllt sind (Beispiele 3, 4 und 5).

### Beispiel 1: Transparent Factory- Verbindungen mit einer Länge unter 30 m, ohne analoges Kabel

Die Verkabelungen können in einem einzigen Kabelweg aus Metall ausgeführt werden (für TLV = 400 m oder mehr).

Unter der Voraussetzung, dass die Kabelrinne zu höchstens 50 % ausgefüllt ist (zukünftige Weiterentwicklungen berücksichtigen!), muss nur der Koeffizient  $K_0$  angewendet werden, was eine maximale Länge von 400 m ergibt:  $12 \cdot 30 \text{ m}$ . Die Leistungskabel und die geschirmten digitalen Verbindungen werden in den Ecken der Kabelrinne befestigt, wie in der unten stehenden Abbildung dargestellt.



**Beispiel 2:**  
**Transparent**  
**Factory-**  
**Verbindungen**  
**mit einer Länge**  
**unter 100 m,**  
**ohne analoges**  
**Kabel**

Wenn die für eine Installationsbedingung berechnete Länge nicht ausreichend ist (30 m im ersten Beispiel), ist es erforderlich, die Konfiguration unter dem Aspekt der EMV zu verbessern.

Eine vertikale Trennung in der Kabelrinne ermöglicht es, eine Vermischung der nicht kompatiblen Kabel zu vermeiden. Eine metallische Abdeckung auf der für die Signalkabel bestimmten Kabelhälfte begrenzt die Störung von Signalen.

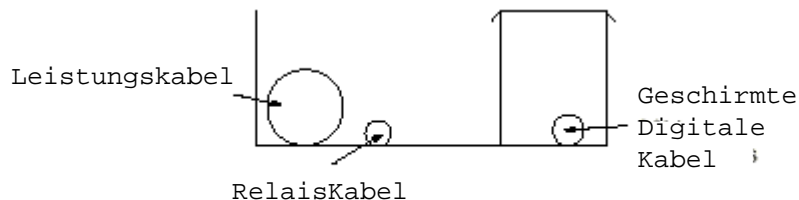
Deshalb ändert sich der Wert des Koeffizienten dann von 12 (=K0) auf nur 4 (=K6), was (bei TLV = 400 m) die maximale Länge  $TLV / 4 = 100$  m ergibt.

Die einzuhaltenden Bedingungen der EMV sind dann:

- Jede Kabelrinnenhälfte ist zu höchstens 50 % ausgefüllt.
- Das Trennelement ist metallisch und hat auf der gesamten Länge der Kabelrinne Kontakt mit dieser.
- Die Abdeckung hat auf der gesamten Länge Kontakt mit dem Trennelement.

**Hinweis:** Berücksichtigen Sie künftige Weiterentwicklungen.

Abbildung



**Beispiel 3:**  
**Projekt der**  
**Verlegung von 30**  
**m Transparent**  
**Factory-Kabel**

Es ist vorgesehen, das Kabel in einer einzigen Kabelrinne ohne Trennung zu verlegen, die zu 70 % ausgefüllt ist, wobei außerdem ein Leistungskabel und ein analoges Kabel vorhanden sind.

Für diese Installationsbedingung gelten gemäß der Tabelle der Ki-Symbole zwei Koeffizienten: K0 (=12) und K20 (=2). Die physische Länge muss daher mit 2 und mit 12 multipliziert werden.

Da das Ergebnis 720 m ( $30 \text{ m} \times 24$ ) größer als  $TLV = 400$  m ist, ist die installierte Länge von 30 m nicht mit den Forderungen der EMV konform. Im Beispiel 4 (siehe folgender Abschnitt) wird eine mögliche Lösung dargelegt.

## Vorgehensweisen zur Überprüfung der Länge eines heterogenen Kabels

---

### Einleitung

Wenn über die Länge eines Kabelweges unterschiedliche Installationsbedingungen vorliegen, ist jede physische Länge ein und desselben Verlegungstyps mit den betreffenden Koeffizienten nach denselben Regeln wie oben zu multiplizieren. Die Summe der verschiedenen Ergebnisse muss kleiner als TLV sein (Transparent Factory).

---

### Beispiel 4: Neues Projekt der Verlegung von 30 m Transparent Factory-Kabel

Das Signalkabel aus Beispiel 3 wird auf einer Länge von 10 m gemäß dem oben angegebenen Verlegungstyp und auf den restlichen 20 m in einer Kabelrinne verlegt, die von der der Leistungskabel getrennt ist, jedoch einen Abstand von nur 10 cm von dieser aufweist.

Berechnungstabelle

Betroffene Länge	Zugehörige Koeffizienten Ki	Berechnungen	Ergebnisse
10 m	K0 (=12) und K50 (=2)	10 m x 24	240 m
20 m	K10 (=2) und K50 (=2)	20 m X 4	80 m
<b>Gesamt (30 m)</b>		240 m + 80 m	<b>320 m</b>

Da das Ergebnis von 320 m nunmehr kleiner ist als TLV = 400 m, ist die installierte Länge von 30 m mit den EMV-Anforderungen konform.

---



**Beispiel 5:**  
**Verlegung eines**  
**FIP-Kabels auf**  
**1000 m**

Aus der Dokumentation des Systems geht hervor, dass der erste Grenzwert eingehalten wird, vorausgesetzt, dass nur Hauptkabel verwendet wird (1 Paar, 150 Ohm, großes Maß).

Der TLV-Wert für diese Technologie beträgt 2000 m.

Es soll angenommen werden, dass die beiden optimalen Bedingungen auf 700 m erfüllt sind, und dass auf der restlichen Länge die Leistungskabelrinne:

- zu mehr als 50 % ausgefüllt ist
- und von der Signalkabelrinne nur einen Abstand von 10 cm hat.

Berechnungstabelle

Betroffene Länge	Zugehörige Koeffizienten $K_i$	Berechnungen	Ergebnisse
700 m	keine		700 m
300 m	$K_{50} (=2)$ und $K_{10} (=2)$	$300 \text{ m} \times 4$	1.200 m
<b>Gesamt (1.000 m)</b>		$700 \text{ m} + 1.200 \text{ m}$	<b>1.900 m</b>

Da das Ergebnis von 1900 m kleiner ist als  $TLV = 2000 \text{ m}$ , ist die installierte Länge mit den EMV-Anforderungen konform, und nur die vorherige Eventualität (kein Paar mit kleinem Maß) besteht weiterhin.

## Andere Schutzwirkungen

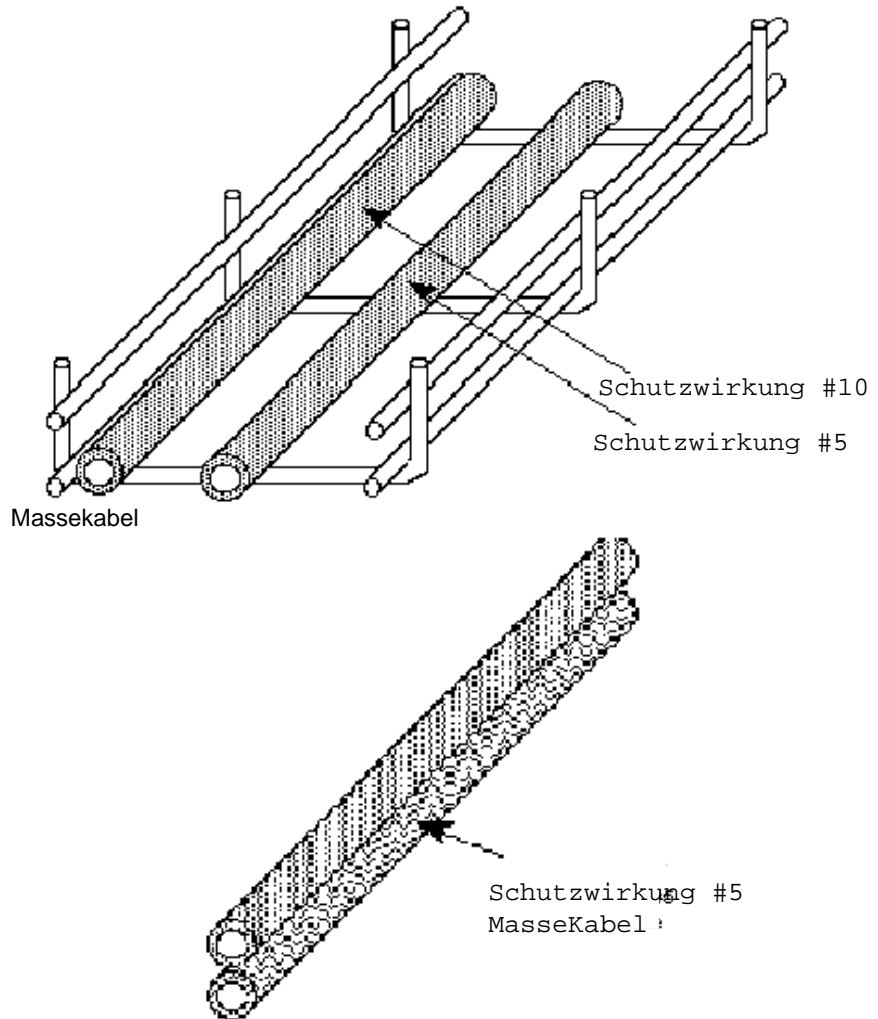
---

### Einleitung

Die Schutzwirkung eines Kabelweges zwischen 1 MHz und 100 MHz beträgt ungefähr 50.

In Fällen, in denen sich dieser Ausrüstungstyp nicht verwenden lässt, sind andere Schutzwirkungen möglich. Aus geschweißtem Draht gefertigte Kabelwege vom Typ "Cablofil" sind weniger wirksam und oft teurer als Kabelrinnen aus Blech.

Cablofil



# 6.4 Verbindungen zwischen Gebäuden

## Einleitung

**Darstellung** Dieses Kapitel enthält Vorsichtsmaßnahmen und Empfehlungen für die Verdrahtung zwischen Gebäuden.

**Hinweis:** Es ist sehr zu empfehlen, für Datenverbindungen, d.h. für Transparent Factory zwischen Gebäuden, Glasfaserkabel zu verwenden. Dieser Verbindungstyp wird eingesetzt, Probleme mit Regelkreisen zwischen den Gebäuden zu vermeiden.

**Inhalt dieses Abschnitts** Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Verkabelung der elektrischen Verbindungen	83
Schutz von Durchführungen	84

## Verkabelung der elektrischen Verbindungen

---

### Prinzip

Die Verbindungen zwischen Gebäuden weisen zwei Besonderheiten auf, aus denen sich Risiken für die Installation ergeben:

- Die schlechte Äquipotentialität zwischen den Massen der Anlagen
- Die großen Schleifenflächen zwischen den Datenkabeln und den Massen.

**Hinweis:** Nach der Installation und dem Anschluss eines Datenkabels zwischen zwei Gebäuden ist es unbedingt erforderlich zu überprüfen, ob die beiden Erdanschlüsse der Gebäude miteinander verbunden sind.

Alle gleichzeitig zugänglichen Massen müssen mit ein und demselben Erdanschluss verbunden sein (oder zumindest mit einer Gruppe von miteinander verbundenen Erdanschlüssen). Diese Forderung ist für die Sicherheit von Personen äußerst wichtig.

Das zweite mit den Verbindungen zwischen Gebäuden verbundene Risiko ist die zwischen den Datenkabeln und den Massen befindliche Schleifenfläche. Diese Schleife ist insbesondere im Falle eines indirekten Blitzeinschlags auf dem Standort kritisch. Die bei einem indirekten Blitzeinschlag in diesen Schleifen induzierten Überspannungen liegen in der Größenordnung von ungefähr hundert Volt pro Quadratmeter.

**Hinweis:** Um diese Gefahr zu begrenzen, muss jeder Kabelweg zwischen zwei Gebäuden durch eine äquipotentielle Verbindung mit großem Querschnitt (»35 mm<sup>2</sup>) dupliziert werden.

## Schutz von Durchführungen

### Prinzip

Die von außen stammenden Gleichtaktströme müssen am Eingang des Standortes in das Erdnetz abgeleitet werden, um die Spannungen zwischen Geräten zu begrenzen.

**Hinweis:** Jede leitfähige Verbindung (leitfähiges Kabel, leitfähige Rohrleitung oder isolierende Rohrleitung, durch die eine leitfähige Flüssigkeit strömt), die in ein Gebäude hineingeführt wird, muss an dessen Eingang und auf kürzestem Wege an Erde angeschlossen werden.

An den Zuführungsleitungen der Energieversorgung, Fernmeldeleitungen und Signalkabeln (für Datenübertragung, Alarmer, Zugangskontrollen, Videoüberwachung usw.) sind an den Punkten des Eintritts in Gebäude Überspannungsschutzgeräte anzubringen. Die Wirksamkeit derartiger Vorrichtungen hängt zu einem großen Teil von ihrer Installation ab.

Die Überspannungsschutzgeräte (Varistoren, Überspannungsableiter usw.) werden direkt an die Masse der Schalttafel oder der Geräte, welche sie schützen, angeschlossen. Ein Anschluss des Überspannungsschutzgerätes nur an Erde (anstatt an Masse) ist unwirksam.

Soweit möglich sind die Tafeln, auf denen die Schutzvorrichtungen für Energieversorgung-, Fernmelde- und Signalkabel installiert sind, in der Nähe eines Stabers anzubringen.

## 6.5                    Verwendung von Glasfasern

---

### Auswahl und Montage von Glasfasern

---

#### Einleitung

Dieses Kapitel enthält Empfehlungen zur Auswahl von Glasfasern.

---

#### Inhalt dieses Abschnitts

Dieser Abschnitt enthält die folgenden Themen:

Thema	Seite
Wahl des optischen Verbindungstyps	86
Installation der LWL-Kabel	87

---

## Wahl des optischen Verbindungstyps

---

### Wahl der Glasfasern

Schneider Electric bietet Geräte vom Typ Transparent Factory mit optischen Ports an: Module, Knotenpunkte (Hubs) und Schalter. Diesen Geräten ist gemeinsam, dass sie Verbindungen über **Fasern für mehrere Modi aus Siliziumdioxid** ermöglichen. Für jede optische Verbindung sind zwei Fasern erforderlich. Diese Fasern müssen von einem Ende zum anderen vom Typ **62.5/125** sein und solche technische Daten aufweisen, dass sie die Kommunikation auf den Wellenlängen **850 nm und 1300 nm** ermöglichen.

---

### Wahl der LWL-Kabel

Das Kabel muss mindestens die im vorhergehenden Absatz angegebene Anzahl und Qualität der Fasern aufweisen. Es kann außerdem noch weitere Fasern oder elektrische Leiter umfassen. Sein **Schutz** muss mit den Bedingungen seiner Verlegung kompatibel sein.

---

## Installation der LWL-Kabel

---

### Definition

Die LWL-Kabel, welche zum Verbinden der Module, Hubs und Schalter für TF Ethernet erforderlich sind, werden mit einer Länge von 5 Metern und mit Optionen passender optischer Verbindungsstecker angeboten.

MT-RJ / SC duplex optical patch (490NOC00005)



MT-RJ / ST optical patch (490NOT00005)



MT-RJ / MT-RJ optical patch (490NOR00005)



**Zwei wichtige Vorsichtsmaßnahmen** müssen vom Installateur und vom Benutzer beachtet werden:

- 1. Diese Leitungen nicht knicken (**der einzuhaltende minimale Radius beträgt 10 cm**).
- 2. Nur eine **minimale Zug- und Torsionsbeanspruchung** auf das Kabel und seine Stecker ausüben.

Dagegen muss **kein Mindestabstand** zwischen einem LWL-Kabel und irgendeinem anderen Kabel oder Gerät, von dem Störungen ausgehen, eingehalten werden. Der Sonderfall starker ionisierender Strahlungen wird im Rahmen dieses Handbuchs nicht behandelt.