

## Die Planung von Feldbussegmenten

Dieser Artikel fasst die wichtigsten Informationen und Schritte zur Planung von PROFIBUS DP und PA Netzwerken als Leitfaden und Gedankenstütze für den Planer von Mess- und Regeltechniknetzwerken zusammen. Grundsätzliche Kenntnisse über die Funktionsweise von PROFIBUS werden vorausgesetzt.

Der Fokus liegt hier auf der Planung und Überprüfung der Feldbusphysik. Zusätzlich spielt jedoch auch die Buszykluszeit eine Rolle. Diese ist so stark abhängig von den verwendeten Komponenten der Feld- und Leittechnik, dass diese typisch von den Experten dort dokumentiert wird.

### Grundlagen und Motivation

---

Die Planung von Feldbussegmenten stellt die Funktion des Segments bereits vor der Installation sicher. Sie ist ein wichtiger Schritt zu einer im Vergleich zur klassischen Interfacetechnik beschleunigten Inbetriebnahme.

Im Rahmen der Feldbusplanung sind sowohl PROFIBUS DP als auch PA gleichermaßen zu berücksichtigen. Es gilt: „kein PA ohne DP“. Der PROFIBUS DP verbindet die verschiedenen PA Segmente, führt das Netzwerk zusammen und stellt die Verbindung zur Leitsystemebene dar.

Für den PROFIBUS PA übernehmen Segment Checker ([www.segmentchecker.com](http://www.segmentchecker.com)) oder andere kostenlos erhältliche Planungsunterstützungswerkzeuge die Berechnungen. Das detaillierte Rechenbeispiel soll die elektrischen Grundlagen der Feldbusphysik vermitteln und ein Gefühl für die Planung geben.

Für den Feldbusplaner entfallen Verdrahtungsdiagramme. An ihre Stelle treten übersichtliche Tabellen, in denen die für die Planung wichtigen Daten zusammengefasst werden. Änderungen in letzter Minute, wie sie bei der Auslegung der MSR-Technik häufig vorkommen, bilden sich in der Planungsphase leichter ab. Gründe:

- Die Anschlusstechnik ist für alle Gerätetypen identisch.
- Die zur Verfügung stehende Leistungsreserve ist bereits bekannt oder kann einfach ermittelt werden.
- I/O-Karten der Leittechnik oder Remote I/O existieren nicht.
- Das Gerät kann von Ferne parametrisiert und kalibriert werden.



## Informationsquellen für die Planung

Die für die Planung notwendigen technischen Daten ergeben sich aus den Planungsunterlagen für die Mess- und Regeltechnik wie etwa

- Datenblätter der Geräte
- Einbauplatz im Feld
- Kabeltrassenplanung
- Gegebenheiten im Leittechnikraum

## PROFIBUS DP: Vorgaben

Die folgenden Randbedingungen gelten für PROFIBUS DP

- Max. 125 adressierte Teilnehmer
- Max. 32 Teilnehmer per Segment
- Teilnehmer in Reihe geschaltet (Stichleitungen nur bis 1,5 MBit/s)
- Abschluss jedes Segmentes am Ende
- Max. Länge pro Segment je nach Übertragungsrate
- Max. 9 Repeater

Baudrate	Max. Leitungslänge je Segment	Leitungslänge mit max. Segmentierung
12000 kBit/s	100 m	1000 m
1500 kBit/s	200 m	2000 m
500 kBit/s	400 m	4000 m
187,5 kBit/s	1000 m	10000 m
93,75 kBit/s	1200 m	12000 m

## PROFIBUS DP: Hinweise für Planung und Installation

- Zugangspunkte für Messungen und Diagnose für physikalische Messung in jedem Segment während der Planung vorsehen. Diese Zugangspunkte sind für die Inbetriebnahme und die Betriebserhaltung notwendig.
- Technische Machbarkeit in Verbindung mit Kosten und Lebensdauer bewerten (z.B. RS 485 oder LWL bei großen Distanzen)
- Spätere Anwendungen während des Betriebs (Diagnose, Condition Monitoring) und damit eine Sicht auf den gesamten Lebenszyklus berücksichtigen.
- Die gültigen Installationsrichtlinien kennen und beachten. Diese sind unter <http://www.profibus.com/downloads> verfügbar.

## PROFIBUS PA: Planungsschritte

---

Die prinzipiellen Schritte zur Planung von Feldbussegmenten sind wie folgt:

- Spezifikation der Umgebungsbedingungen
- Auslegung von typischen Steuer- und Überwachungskreisen
- Berechnung oder Spezifikation der benötigten Buszykluszeit
- Verifizierung der längsten benötigten Kabellängen
- Auswahl der passenden Topologie
- Selektion des passenden Feldbuskabels
- Auswahl der Stromversorgung und Feldverdrahtungskomponenten
- Ermittlung der an ein Segment anschließbaren Anzahl von Geräten
- Verifizierung der erreichbaren Kabellängen basierend auf der ermittelten Anzahl Geräte.
- Gegebenenfalls: Validierung des ausgewählten Explosionsschutzes

Die gleichen allgemeinen Schritte gelten auch für die Planung von Segmenten im explosionsgefährdeten Bereich. Hier greifen zusätzliche Einschränkungen, nämlich die zur Verfügung stehende Leistung, reduzierte Kabellängen, nur eine Stromquelle.

## PROFIBUS PA: Vorgaben

---

Eigenschaften und Nutzen von PROFIBUS PA:

- Daten- und Energieübertragung auf einer Leitung
- Digitale Übertragung
- Lange Leitungslängen (bis zu 1900 m)
- Einfacher Nachweise der Eigensicherheit (FISCO)

Grundbedingungen für ein PROFIBUS PA Segment laut IEC 61158-2.

$$N_{\text{Teilnehmer}} \leq 32$$

Bitte immer den/die Master als Teilnehmer berücksichtigen.

$$L_{\text{Seg}} \leq 1900 \text{ m}$$

$$L_{\text{Spur}} = \text{Funktion}(N_{\text{Teilnehmer}}) \text{ (Siehe Tabelle)}$$

$$I_{\text{Seg}} < I_{\text{Stromversorgung}} - \text{Reserve, 20\%}$$

$$U_{\text{Feldgerät}} > 9 \text{ V} \pm 10 \%$$



Teilnehmer: Feldgeräte + Bus-Master	Immer nur 1 Gerät pro Spur
1 - 12	120 m
13 - 14	90 m
15 - 18	60 m
19 - 24	30 m
25 - 32	1 m

## PROFIBUS PA: Hinweise zur Planung und Installation

Beachtung der maximalen Länge aller Stichleitungen je nach Anzahl bzw. explosionsgefährdetem Bereich (nicht eigensicher / eigensicher)

- Gesamtzahl der Geräte je nach Stromaufnahme beachten
- Verwendung Kabeltyp A von nur einem Hersteller, insbesondere bei großer Länge und Geräteanzahl.
- Die Detaillierung bei der Planung erhöhen: Vom Übersichtsplan der Anlage zum vereinfachten Netzwerkplan zur Segmentberechnung und -auslegung.
- Die gültigen Installationsrichtlinien kennen und beachten. Diese sind unter <http://www.profibus.com/downloads> verfügbar.

## Beispielrechnung – Sicherer Bereich

Die Vorgaben wurden dem Lageplan entnommen und ein passendes Segment entworfen. Die Planung eines Segments kann ein iterativer Prozess sein, um die für die Anlage optimale Topologie zu entwerfen.

Parameter	Wert
Umgebungstemperatur	20 °C
Trunklänge	min. 600 m
Topologie	Chicken Foot
Kabel	Kabeltyp A
Widerstand des Kabels	44 Ω/km
Stromaufnahme pro Feldgerät	20 mA
Host Redundanz	Nein
Max. Spurlänge	100 m
Feldgeräte pro Segment	10

## Lösung der Beispielrechnung

Es ist zu prüfen, dass die Spezifikation für dieses Segment den Vorgaben der Feldbusnorm: IEC 61158-2 genügt. So wird im Vorfeld sichergestellt, dass das Segment korrekt arbeiten wird.

Sie können die Ergebnisse hier eintragen. Die schriftliche Lösung finden Sie weiter unten:

$$N_{\text{Teilnehmer}} \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq 32$$

$$L_{\text{Segment}} \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq 1900 \text{ m}$$

$$L_{\text{Spur}} \quad \underline{\hspace{2cm}} = \text{Funktion } (N_{\text{Teilnehmer}}) \text{ Hier: } \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_{\text{Segment}} \quad \underline{\hspace{2cm}} < I_{\text{Stromversorgung}}$$

$$U_{\text{Feldgerät}} \quad \underline{\hspace{2cm}} > 9 \text{ V } \pm 10 \%$$

### Anzahl der Teilnehmer

$$N_{\text{Teilnehmer}} = \sum N_{\text{Feldgeräte}} + \sum N_{\text{PAMaster}}$$

$$N_{\text{Teilnehmer}} = 10 + 1 = 11$$

### Kabellänge des Segmentes

$$L_{\text{Segment}} = \sum L_{\text{Spur}} + L_{\text{Trunk}}$$

$$L_{\text{Segment}} = 10 * 100\text{m} + 600\text{m} = 1600\text{m}$$

### Kabellänge des Spurs

Bei 11 Teilnehmern (mit Master Redundanz 12) am Segment ist eine Spurlänge von 120 m zulässig! Siehe Tabelle.

### Gesamtstrom des Segmentes

$$I_{\text{Segment}} = \sum I_{\text{Feldgeräte}}$$

$$I_{\text{Segment}} = 10 * 20\text{mA}$$

### Spannung am Feldgerät

Der Kabelwiderstand bei höheren Temperaturen ist zu berücksichtigen, da sich erheblich höhere Spannungsabfälle ergeben können. Diese etwas aufwändigere Rechnung verwendet nur das Ohmsche Gesetz und die Kirchhoffschen Regeln.

$$U_{Feldgerät} = U_{Stromversorgung} - U_{Trunk} - U_{Spur}$$

$$U_{Trunk} = I_{Segment} * R_{Kabel}$$

$$U_{Trunk} = 0,2A * 44\Omega / km * 0,6km = 5,28V$$

$$U_{Spur} = I_{Feldgerät} * R_{Kabel}$$

$$U_{Spur} = 0,02A * 44\Omega / km * 0,1km = 0,088V$$

$$U_{Feldgerät} = 25V - 5,28V - 0,088V = 19,632V$$

### Bedingungen für den Ex-Bereich

Für den explosionsgefährdeten Bereich sind zusätzliche Randbedingungen beschrieben in der IEC 60079 einzuhalten. Beispielhaft zitieren wir hier die Randbedingungen aus der FISCO Norm (Fieldbus Intrinsically Safe Concept). Sehr viele Feldgeräte besitzen ein FISCO Zertifikat. Es ist ein in der Praxis sehr akzeptierter Standard.

IEC 61158-2	IEC 60079-27 (FISCO)
$N_{Teilnehmer} \leq 32$	$N_{Teiln.} \leq 32$
$L_{Segment} \leq 1900 \text{ m}$	$L_{Segment} \leq 1000 \text{ m}$
$L_{Spur} = \text{Funktion}(N_{Teilnehmer})$	$L_{Spur} = f(N_{Teiln.}) = \text{max. } 60 \text{ m}$
$I_{Segment} < I_{Stromversorgung}$	$I_{Segment} < I_{Stromversorgung}$
	$I_o \leq I_i$
$U_{Feldgerät} > 9 \text{ V} \pm 10 \%$	$U_{Feldgerät} > 9 \text{ V} \pm 10 \%$
	$U_o (\text{max. } 17,5 \text{ V}) \leq U_i (\text{min. } 17,5 \text{ V})$
	$P_o (\text{max. } 5,32 \text{ W}) \leq P_i (\text{min. } 5,32 \text{ W})$

## Validierung der Eigensicherheit

FISCO ermöglicht die einfachste Prozedur zum Einsatz von Feldbus im Ex-Bereich. FISCO fordert:

- Nur eine Spannungsquelle pro Segment
- Kabel und Geräte müssen FISCO Anforderungen genügen.
- Verschärfte Anforderungen an Kabellängen und elektrische Werte

Damit wird die Validierung der Eigensicherheit besonders einfach: Es sind lediglich für alle eingesetzten Geräte die Zertifikate zu dokumentieren. Für das Kabel reicht eine Herstellererklärung aus.

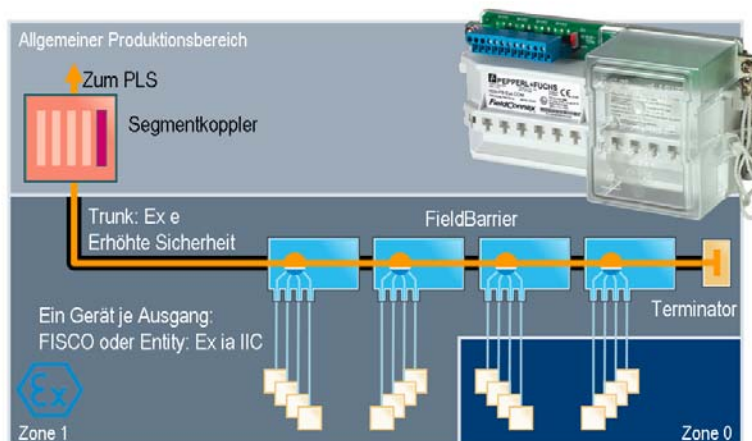
## Der High-Power Trunk

Der High-Power Trunk erlaubt die gleiche Topologie im sicheren wie im Ex-Bereich. Segment Checker berechnet hier die Konformität, allerdings nur nach der Feldbusnorm (IEC 61158-2) unter Verwendung der Werte von Speisung, Installationskomponenten und Feldgeräten. Hier beschränkt sich die FISCO Validierung auf den Ausgang der Feldbarriere und das Feldgerät.

Die Eigenschaften und Vorteile des High-Power Trunks:

- Die gleiche Topologie für alle Bereiche.
- Unbegrenzte Speisung des Trunks
- Eigensichere Installationstechnik an jedem Feldbarriereausgang/Feldgerät.
- Arbeiten am Feldgerät ohne Feuerschein erlaubt.
- Kurzschlusschutz am Ausgang.
- Maximiert gleichzeitig Kabellänge und Anzahl Feldgeräte

### High-Power Trunk Topologie für Zone 1



Das im Beispiel gerechnete Segment lässt sich mit Feldbarrieren und dem High-Power Trunk Konzept auch in der Zone 1 / Division 2 einsetzen. Feldge-



räte können in Zone 0/Division 1 montiert sein. Die Projektdatei für Segment Checker steht neben diesem Dokument zum Download bereit.

Die Autoren haben diese Information nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Die Entscheidungen und die Verantwortung des Planers können wir nicht übernehmen und übergeben Ihnen diese Information „wie sie ist“ unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung. Wir wünschen Ihnen ein bisschen Vergnügen mit diesem Paper und viel Erfolg bei der Planung Ihrer Anlage mit PROFIBUS Netzwerken.

#### Autoren

Bernd Kremer  
Vertriebsleiter Industrielle Kommunikation  
Trebing+Himstedt

Stefanie Graf  
Trainerin Feldbustechnologie  
Pepperl+Fuchs

Andreas Hennecke  
Produktmarketing Manager FieldConnex  
Pepperl+Fuchs



PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.  
PROFIBUS & PROFINET International Support Center  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe  
Fon +49 721 96 58 590, Fax +49 721 96 58 589  
info@profibus.com  
www.profibus.com