

Engineering-Richtlinie
Ethernet-APL



**Planung, Installation und Inbetriebnahme von
Ethernet-APL-Netzwerken**

Karl-Heinz Niemann | Version 1.14 | 19. Sept. 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary - Inhalt dieses Dokuments.....	10
1.1	Management-Summary.....	10
1.2	Inhalt dieses Dokuments und Zielgruppe.....	10
1.3	Wording.....	12
1.4	Sicherheitshinweise.....	12
2	Einführung.....	14
2.1	Vorwort.....	14
2.2	Ausschluss der Haftung.....	15
2.3	Referenzierte Dokumente und Normen.....	15
2.3.1	Referenzierte Normen.....	15
2.3.2	Dokumente, auf die verwiesen wird.....	17
2.4	Symbole und ihre Bedeutung.....	18
3	Einführung in die APL-Technologie.....	23
3.1	Grundlagen der Ethernet-Kommunikation.....	23
3.2	Was ist Ethernet-APL?.....	24
4	Planungsprozess von APL-Netzwerken.....	26
4.1	Geräteauswahl.....	26
4.1.1	APL-Feldgerätetypen.....	27
4.1.2	Switch-Typen.....	28
4.1.3	Weitere APL-Komponenten.....	29
4.1.4	Kabeltypen für APL-Netzwerke.....	30
4.1.5	Verbindungstechnologien für APL-Netzwerke.....	32
4.2	Mögliche Topologien für ein APL-System.....	33
4.2.1	Alternative 1: Field-Switches mit Industrial-Ethernet-Anschluss.....	35
4.2.2	Alternative 2: Gespeister APL-Trunk.....	36
4.3	Grundlagen der APL-Topologie-Planung.....	37
4.3.1	Struktur des übergeordneten Netzwerks.....	37
4.3.2	Port-Kompatibilität APL-Netzwerke.....	37
4.3.3	Leistungsklassen.....	39
4.3.4	Inline-Anschlüsse und Auxiliary-Devices.....	39
4.4	Beispiel APL-Anwendung in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre.....	41
4.5	Netzwerktopologie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre.....	43
4.5.1	APL Schutzklassen Eigensicherheit (Ex i).....	43
4.5.2	Nachweis der Eigensicherheit für APL-Spurs (2-WISE-Ansatz).....	44
4.5.3	Beispiel für die Spur-Topologie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre nach IEC, ATEX oder NEC 505.....	45
4.5.4	Trunk-Topologie Beispiel für APL-Anwendungen in Zonen mit explosionsfähiger Atmosphäre nach IEC, ATEX, NEC 505.....	47

4.5.5	Beispiel für eine Spur-Topologie für Einsatz in einer explosionsfähigen Atmosphäre nach NEC 500.....	48
4.5.6	Beispiel einer Trunk-Topologie für Einsatz in einer explosionsfähigen Atmosphäre nach NEC 500.....	49
4.6	Reserve-Ports und Leistungsbudgetreserven.....	50
4.7	Zugangspunkt für Netzwerk-Diagnosetools	50
4.8	Abschätzung der Netzwerkauslastung.....	51
4.8.1	Abschätzung der Netzwerkauslastung.....	51
4.8.2	Empfehlungen zur Netzwerklast	55
4.9	Überlegungen zur Verfügbarkeit	56
4.10	Best-Practice-Planungsbeispiele	56
4.10.1	Best-Practice-Planungsbeispiele mit einem gespeisten APL-Trunk.....	56
4.10.2	Best-Practice-Planungsbeispiel mit Industrial Ethernet bis zum Field-Switch	61
4.10.3	Zusammenfassung der Best-Practice-Beispiele	62
4.11	Checklisten für den Planungsprozess	63
5	Funktionspotentialausgleich und Schirmung.....	65
5.1	Funktionspotentialausgleichskonzept von APL	65
5.2	Schirmungskonzept von APL	68
5.3	Potentialausgleich und Schirmung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre	69
5.4	Überspannungsschutz.....	70
6	Installation von APL-Netzwerken	71
6.1	Verlegung von Leitungen	71
6.1.1	Kabelabstände und Kabelführung	71
6.1.2	Anweisungen für den Kabelverlegungsprozess	76
6.1.3	Mechanischer Schutz von APL-Kabeln	79
6.2	Anschließen der APL-Feldgeräte.....	79
6.2.1	Direkter Anschluss eines APL-Geräts an ein APL-Kabel.....	81
6.2.2	Anschluss eines APL-Geräts mit M8- oder M12-Steckverbinder	82
6.2.3	Handhabung von Kabelschirmen	83
7	Abnahmetest von APL-Netzwerkinstallation als erster Schritt der Inbetriebnahme	86
7.1	Sichtprüfung der Installation.....	86
7.2	Kabelmessungen	88
7.3	Basis-Check ohne Automatisierungssystem	89
8	Migration von bestehenden Installationen	90
8.1	Migration des Systems mit zentralem IO und Rangierverteiler	90
8.2	Migration des Systems mit Remote I/O	92
8.3	Migration einer Anlage mit Feldbus FF-H1.....	94
8.4	Migration einer Anlage mit Feldbus PROFIBUS PA	95

9	Glossar.....	96
10	Anhang.....	101
10.1	Details zur Berechnung der Netzlast	101
10.1.1	Grundlagen der Berechnung der Netzlast.....	101
10.1.2	Beispielrechnungen Netzlast für einen typischen Anwendungsfall.....	105
10.1.3	Berechnung der Netzlast für größere Datenpakete	106
10.2	Längenberechnung für gespeiste APL-Trunks	107
10.3	Empfehlungen für eine verbesserte EMV	109
10.3.1	Nachteile von TN-C-Netzen.....	109
10.3.2	Verwendung des TN-S-Netzes	110
10.3.3	Verbindung des Minus-Leiters von DC-Hilfsenergieversorgungen mit dem CBN	112
10.4	Dokumentationsvorschlag für APL 2-WISE-Systeme	114
11	Index.....	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Symbol zur Kennzeichnung sicherheitsrelevanter Informationen.....	12
Abbildung 3-1: ISO/OSI-Protokollstack von Ethernet	23
Abbildung 3-2: Unterschiede zwischen Industrial Ethernet und APL.....	25
Abbildung 4-1: Der APL-Planungsprozess	26
Abbildung 4-2: Anwendungsbeispiel Sensoren / Aktoren	26
Abbildung 4-3: APL Geräteauswahlkriterien	27
Abbildung 4-4: Mögliche Port-Kombinationen für APL-Field-Switches	29
Abbildung 4-5: APL-Kabeltypen	30
Abbildung 4-6: Einbauort von APL-Feldgeräten und APL Field-Switches	34
Abbildung 4-7: Field-Switches mit Industrial-Ethernet-Anschluss.....	35
Abbildung 4-9: Maximale Leitungslänge gespeister APL-Trunk.....	36
Abbildung 4-10: Struktur des APL-Netzwerks mit Trunk und Spurs.....	38
Abbildung 4-11: APL-Beispielsystem mit Auxiliary-Devices und Inline-Verbindungen	40
Abbildung 4-12: Beispielanwendung Nicht-Ex.....	41
Abbildung 4-13: Systemaufbau mit gespeistem Trunk	42
Abbildung 4-14: Vom 2-WISE-Ansatz definierte Konfiguration	44
Abbildung 4-15: Spur-Topologie mit in Zone 2 installierten Field-Switches	46
Abbildung 4-16: Ex-Zonen für gespeisten Trunk	47
Abbildung 4-17: Spur-Topologie mit in Class I, Div. 2 installierten Field-Switches	48
Abbildung 4-18: Classes und Divisions für gespeisten Trunk	49
Abbildung 4-19: Netzwerk-Diagnose über Mirror-Port	50
Abbildung 4-20. Netzwerkdiagnose über TAP	51
Abbildung 4-21: Netzwerklastabschätzung bis zu 50 Geräte für 10 Mbit/s Ethernet- APL53	
Abbildung 4-22: Netzwerklastabschätzung bis zu 250 Geräte für 10 Mbit/s Ethernet- APL54	
Abbildung 4-23: Einzelner Field-Switch mit langem, gespeistem Trunk	57
Abbildung 4-24: Dezentralisierte Installation mit langem gespeistem Trunk	57
Abbildung 4-25: Installation mit gespeistem Trunk und zwei Field-Switches an einem Ort.....	58
Abbildung 4-26: Dezentrale Installation mit gespeistem Trunk	58
Abbildung 4-27: Installation mit hoher Anzahl von Feldgeräten und maximaler Stichleitungslänge	59
Abbildung 4-28: Installation mit maximalen Abständen, Anzahl der Geräte berücksichtigt	60
Abbildung 4-30: Industrial Ethernet mit LWL-Verbindung bis zu die Field-Switches, hoher Anzahl von Feldgeräten und maximaler Spur-Länge	61

Abbildung 5-1: Vermaschtes Potentialausgleichssystem	66
Abbildung 5-2: Kennzeichnung für den Anschluss an das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk (CBN)	67
Abbildung 5-3: Verschiedene Potentialausgleichsnetzwerke	67
Abbildung 5-4: Kabelschirme beidseitig mit dem CBN verbunden	68
Abbildung 5-5: Kabelschirm mit einem Ende direkt und dem anderen Ende über einen Kondensator mit dem CBN verbunden	69
Abbildung 6-1 Mögliche Farbzurordnung für APL-Kabel	80
Abbildung 6-2: Direkter Anschluss eines APL-Geräts	81
Abbildung 6-3: Alternativen zum Schirmanschluss an das CBN	83
Abbildung 6-4: Alternativen zum Schirmanschluss über Kondensator	84
Abbildung 8-1: Zu migrierendes Automatisierungssystem mit zentralem I/O	90
Abbildung 8-2: Migrationsvorschlag für Controller mit zentralem I/O	91
Abbildung 8-3: Traditionelle Systemarchitektur mit zu migrierendem Remote-I/O	92
Abbildung 8-4: Migrationsvorschlag für Steuerung mit Remote IO	93
Abbildung 8-5: Zu migrierendes Steuerungssystem mit Foundation Fieldbus H1	94
Abbildung 8-6: Zu migrierendes Steuerungssystem mit PROFIBUS PA	95
Abbildung 10-1: IEEE 802.3 Datenrahmen	101
Abbildung 10-2: Netzlast in Abhängigkeit von der Geräteanzahl und der Zykluszeit bei bis zu 50 Geräten	103
Abbildung 10-3: Netzlast in Abhängigkeit von der Geräteanzahl und der Zykluszeit bis zu 250 Geräten	104
Abbildung 10-4: Energiefluss gespeister Trunk	107
Abbildung 10-5: Spannungsabfall am gespeisten Trunk	108
Abbildung 10-6: Vagabundierende Ströme durch das TN-C-System	109
Abbildung 10-7: TN-S System	110
Abbildung 10-8: TN-S System mit zweiter PEN-Brücke	111
Abbildung 10-9: Vagabundierende Ströme im TN-S-Netz durch die zweite PEN- Brücke	111
Abbildung 10-10: Anschluss der 24 V DC-Hilfsenergieversorgung minus an CBN	112
Abbildung 10-11: Zweiter unerwünschter Anschluss der 24 V DC- Spannungsversorgung minus an CBN	113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Hauptabschnitte dieses Dokuments und zugehörige Zielgruppe	11
Tabelle 2-1: Symbole zur Strukturierung des Textes	18
Tabelle 2-2: Symbole für Kabeltypen und Steckverbinder und Energieversorgung	18
Tabelle 2-3: Symbole für Komponenten.....	20
Tabelle 2-4: Symbole für Bereiche.....	22
Tabelle 4-1 Switch-Typen	28
Tabelle 4-2: Weitere APL-Komponenten	30
Tabelle 4-3: Maximal zulässige Kabellängen und Kabelparameter gemäß APL-Kabelkategorie.....	31
Tabelle 4-4: Merkmale der verschiedenen APL-Netzwerkstrukturen.....	33
Tabelle 4-5: Leistungsklassen und zulässige Kombinationen.....	39
Tabelle 4-6: Maximale Anzahl von Auxiliary-Devices und Inline-Verbindungen pro Segment	40
Tabelle 4-7: Netzwerklast-Empfehlungen für zyklischen Datenverkehr auf einem APL-Segment.....	55
Tabelle 4-8: Voraussetzungen für Best-Practice-Planungsbeispiele	56
Tabelle 4-9: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 1,0 mm ² (18 AWG).....	59
Tabelle 4-10: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 1,5 mm ² (16 AWG).....	60
Tabelle 4-11: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 2,5 mm ² (14 AWG).....	60
Tabelle 4-12: Checkliste APL-Planung in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre	63
Tabelle 4-13: Checkliste APL-Planung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre	64
Tabelle 5-1: Begriffe rund um den Potentialausgleich.....	65
Tabelle 6-1: Erforderliche Mindestabstände S zwischen APL-Kabeln und Leistungskabeln nach EN 50174-2(2018)	73
Tabelle 6-2: Faktor P für Leistungsverkabelung nach EN 50174-2(2018).....	73
Tabelle 6-3: Empfehlungen zur Kabelverlegung	75
Tabelle 6-4: Empfehlungen zur Kabelverlegung	76
Tabelle 6-5: Mechanischer Schutz von APL-Kabeln	79
Tabelle 6-6: Kontaktbelegung für APL-Stecker und -Buchse M12 nach [IEC 61076-2-101-] A-codiert.	82

Tabelle 6-7: Kontaktbelegung für APL-Stecker und -Buchse M8 nach [IEC 61076-2-104], A-kodiert	82
Tabelle 7-1: Checkliste für die Sichtprüfung der APL-Installation	86
Tabelle 7-2: Checkliste für Kabelmessungen	88
Tabelle 7-3: Checkliste für den Basis-Test ohne Steuerungssystem	89
Tabelle 9-1: Glossar	96
Tabelle 10-1: Dokumentationsvorschlag für APL 2-WISE-Systeme	114

Versionsübersicht

Version	Bearbeiter	Datum	Änderungshinweis / Historie / Grund
1.10	Niemann	04.10.2021	Erste freigegebene deutsche Version
1.11	Niemann	06.12.2021	Abgleich zwischen deutscher und englischer Version
1.12	Niemann	31.07.2022	Review-Kommentare der englischen Version in die deutsche Version übernommen. Bild 6-3 geändert, Bild 6-4 neu
1.13	Niemann	02.08.2022	Der ungespeiste Trunk wurde aus der Dokumentation entfernt
1.14	Niemann	19.09.2022	Bereinigte Version für Veröffentlichung

1 Management Summary - Inhalt dieses Dokuments

Dieses Kapitel dient als Einstiegspunkt für die Leser, um ein Verständnis für das Konzept des Dokuments und die Zielgruppe zu bekommen.

1.1 Management-Summary

Dieses Dokument soll Anwender bei der Verwendung der Ethernet-Advanced-Physical Layer (Ethernet-APL) Netzwerktechnologie unterstützen. Ethernet-APL verwendet eine Zweidraht-Ethernet-Technologie, die sowohl die Kommunikation als auch die Energieversorgung von Geräten ermöglicht. Streng als physikalische Schicht definiert, unterstützt Ethernet-APL jedes Ethernet-basierte Protokoll, einschließlich solcher mit Echtzeitfähigkeiten. Daher arbeiten die FieldComm Group, ODVA Inc., OPC Foundation und PROFIBUS and PROFINET International (PI) bei der Entwicklung der APL-Technologie sowie bei der Erstellung dieses Dokuments zusammen.

In den ersten Kapiteln werden Personen angesprochen, die Planungsaufgaben für Ethernet-APL durchführen sollen. Die folgenden Kapitel befassen sich mit der Installation, dem Potentialausgleich und der Schirmung sowie dem ersten Schritt der Netzwerkinbetriebnahme, der Abnahmeprüfung der Installation.

Da das Dokument von mehreren Organisationen erstellt wurde, bezieht es sich nicht auf ein bestimmtes Ethernet-Protokoll. Wenn bestimmte Protokolle erwähnt werden, geschieht dies zum besseren Verständnis. Der Leser sollte aus der Benennung oder der Reihenfolge dieser Benennung keine Präferenz ableiten.

Da dieses Dokument verschiedene Zielgruppen anspricht, kann es, je nach Bedarf und Interesse des Lesers, in Abschnitten gelesen werden. Das nächste Kapitel gibt Hinweise, welche Kapitel für welche Zielgruppe relevant sind.

1.2 Inhalt dieses Dokuments und Zielgruppe

Dieses Dokument behandelt den Planungsprozess, den Installationsprozess und die Abnahmeprüfung von Ethernet-Netzwerken mit dem Ethernet Advanced-Physical-Layer (Ethernet-APL). Personen, die mit einer der drei Tätigkeiten befasst sind, finden Informationen in den jeweiligen Kapiteln dieses Dokuments. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick über die Hauptabschnitte des Dokuments und die zugehörigen Zielgruppen.

Tabelle 1-1: Hauptabschnitte dieses Dokuments und zugehörige Zielgruppe

Hauptabschnitt	Beschreibung der Zielgruppe	Relevante Kapitel dieses Dokuments
Planung 	Zielgruppe sind Personen, die in den Planungsprozess für ein Ethernet-APL-Netzwerk eingebunden sind. Diese Personen verfügen über Kenntnisse in der Automatisierungstechnik und hat Erfahrung in der Planung von Automatisierungssystemen und - falls zutreffend - Kenntnisse über Planungsaufgaben in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre. Die in der rechten Spalte aufgeführten Abschnitte geben die Informationen zum Planungsprozess eines Ethernet-APL-Systems wieder.	2 Einführung 3 Einführung in die APL-Technologie 4 Planungsprozess von APL-Netzwerken 5 Funktionspotentialausgleich und Schirmung 8 Migration von bestehenden Installationen
Installation 	Zielgruppe sind Personen, die Installationsaufgaben vor Ort ausführen und/oder diese beaufsichtigen. Die Personen haben Erfahrungen mit Installationsaufgaben und führen in der Regel diese aus und/oder instruieren oder überwachen entsprechendes Personal. Diese Personen haben Erfahrung mit der Installation von Sensoren und Aktoren in der Prozessindustrie und kennen die Installationsaspekte hinsichtlich Erdung, Schirmung, Explosionsschutz, Blitzschutz und Installation allgemein. Die in der rechten Spalte aufgeführten Kapitel enthalten zusätzliche Informationen über den Installationsprozess eines APL-Systems.	2 Einführung 5 Funktionspotentialausgleich und Schirmung 6 Installation von APL-Netzwerken
Abnahmetest als erster Schritt der Inbetriebnahme 	Zielgruppe sind Personen, die die Sichtprüfung der Installation, die Abnahmeprüfung vor Ort, den Loop-Test und die Erstinbetriebnahme des Systems durchführen.	2 Einführung 6 Installation von APL-Netzwerken

Die Ethernet-APL-Port-Profile-Specification [APS2021] liefert zusätzliche, technische Informationen. Personen, die an weiteren technischen Details interessiert sind, werden gebeten, dieses Dokument zu lesen. Personen, die sich für das APL-Konzept für Eigensicherheit (2-WISE) interessieren, finden in der [IEC 60079- 47] weitere Informationen.

1.3 Wording

In diesem Dokument wird das folgende Wording verwendet, um anzuzeigen, ob eine Aktion obligatorisch ist oder nicht:

Soll

Die Worte "muss", "soll" oder "ist erforderlich" bezeichnen eine absolut zwingende Anforderung.

Sollte

Die Worte "sollte" oder "empfohlen" weisen auf eine Anforderung hin, die bei gutem Grund ignoriert werden kann. Allerdings müssen die Folgen des Ignorierens der Anforderung vollständig verstanden und gut begründet werden, bevor man dies tut.

Kann

Die Wörter "kann" oder "optional" kennzeichnen eine Anforderung, die vollständig optional ist und nach eigenem Ermessen bei der Implementierung berücksichtigt werden kann.

Um das Lesen zu erleichtern, wird im weiteren Verlauf dieses Dokuments das Wort "APL" anstelle von "Ethernet-APL" verwendet.

1.4 Sicherheitshinweise

Das Dokument enthält sicherheitsrelevante Informationen. Diese Informationen sind mit dem in Abbildung 1-1: Symbol zur Kennzeichnung sicherheitsrelevanter Informationen

Symbol gekennzeichnet.



Abbildung 1-1: Symbol zur Kennzeichnung sicherheitsrelevanter Informationen

Die sicherheitsrelevanten Hinweise müssen beachtet werden, um die Sicherheit der Anlage und des in der Anlage arbeitenden Personals zu gewährleisten.

Bei der Durchführung von Planungs- und Installationsarbeiten sind die folgenden Sicherheitshinweise zu beachten:



Elektrische Geräte müssen möglicherweise zertifiziert werden, wenn sie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt werden. Wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Ex-Spezialisten oder Lieferanten.



Die Festlegung von Ex-Zonen und die Planung von elektrischen Betriebsmitteln in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre darf nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Es gelten die örtlichen Vorschriften.



Dieses Dokument erläutert nur spezielle Planungsaspekte für APL. Es zeigt nicht den vollen Umfang der Planung für Ex-Anlagen.



Die verwendeten APL-Geräte müssen für den Einsatz in dem vorgesehenen explosionsgefährdeten Bereich zertifiziert sein. Ex-Bescheinigungen / Herstellererklärungen müssen vorhanden sein und bei der Planung überprüft werden. Die Gefahrenanalyse für den explosionsgefährdeten Bereich muss während des Planungsprozesses gemäß der nationalen Gesetzgebung durchgeführt und dokumentiert werden.



Beachten Sie bei der Planung des Potentialausgleichsystems die Regeln und Vorschriften, die in dem Land gelten, in dem Sie die Installation durchführen.



Die beidseitige Erdung des Kabelschirms in einem Bereich mit explosionsfähiger Atmosphäre ist nur zulässig, wenn "in hohem Maße sichergestellt ist, dass zwischen beiden Enden des Stromkreises ein Potentialausgleich besteht". Die Verwendung von Installationsmaterial der Zündschutzart Ex e / non incendive in Kombination mit einem vermaschten Potentialausgleich ist eine gute Grundlage dafür.



Beachten Sie bei der Installation die Regeln und Vorschriften, die in dem Land gelten, in dem Sie die Installation durchführen.



Insbesondere bei Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen sind die Anforderungen aus [IEC 60079- 14] oder die jeweiligen örtlichen Vorschriften zu beachten.



Beachten Sie bei der Installation die geltenden nationalen Sicherheits- und Installationsvorschriften für Daten- und Energiekabel. Die Angaben in diesem Leitfaden basieren auf den geltenden IEC-Normen.

2 Einführung

Dieses Dokument beschreibt den Engineering-Prozess von Ethernet-APL-Systemen. Ethernet-APL basiert auf IEEE- und IEC-Standards und bietet eine Zweidraht-Ethernet-Verbindung zum Feld. Ethernet-APL ist hauptsächlich für den Anschluss von Feldgeräten (Sensoren und Aktoren) an ein Automatisierungsnetzwerk vorgesehen. Die Zweidrahtverbindung überträgt sowohl die 10-Mbit/s-Ethernet-Kommunikation als auch die Energieversorgung für die Geräte. Ethernet-APL ist für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen. Dieses Dokument bietet einen Leitfaden für die Planung, Installation- und die Inbetriebnahme von Ethernet-APL.

2.1 Vorwort

Dieses Dokument beginnt mit einer kurzen Einführung in die Ethernet-APL-Technologie (Kapitel 3). Danach führt dieses Dokument den Leser handlungsorientiert durch den Planungsprozess. Es beschreibt typische Anwendungsfälle im Planungsprozess (siehe Kapitel 4) und typische Aufgaben während des Installationsprozesses (Kapitel 6). Weiter geht es mit dem Abnahmetest des Ethernet-APL-Netzwerks (Kapitel 7) und mit einem Blick auf die elektromagnetische Verträglichkeit im Kapitel Funktionspotentialausgleich und Schirmung (Kapitel 5). Anwender bestehender Feldbustechnik finden Migrationshinweise in Kapitel 8.

Falls Leser nur an einem speziellen Aspekt interessiert sind, z. B. an der Installation, können sie direkt zu dem entsprechenden Kapitel springen. Das Dokument ist so aufgebaut, dass ein direkter Schritt zum jeweiligen Kapitel möglich ist, ohne dass ein Studium vorheriger Kapitel notwendig ist.

Die Informationen in diesem Dokument sind so kurz und leicht verständlich, wie möglich dargestellt. Dennoch wird vorausgesetzt, dass Anwender über Grundkenntnisse der Ethernet- und Industrial-Ethernet-Technologie, der Elektrotechnik, der Netzwerktechnik, der Planungs- und Installationsgrundlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und der Planungsgrundlagen hinsichtlich EMV, Erdung und Schirmung verfügen. Dieser Leitfaden ist nicht als Ethernet-APL-Kompendium gedacht. Wenn Sie detailliertere Informationen zu den Anwendungen von Ethernet-APL in Verbindung mit den jeweils darüber liegenden Protokollschichten benötigen, verwenden Sie die entsprechenden Dokumente der jeweiligen Standardisierungsorganisationen (SDOs) oder vergleichbare Fachliteratur.

2.2 Ausschluss der Haftung

Die am Ethernet-APL-Projekt mitarbeitenden Standardisierungsorganisationen (SDOs) (Field-Comm Group , ODVA Inc , OPC Foundation und PROFIBUS und PROFINET International) haben bei der Erstellung dieses Dokuments größte Sorgfalt walten lassen und alle Informationen nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch basiert dieses Dokument auf dem heutigen Wissensstand, hat informativen Charakter und wird auf der Grundlage eines Haftungsausschlusses zur Verfügung gestellt. Daher kann dieses Dokument in der Zukunft Änderungen, Erweiterungen oder Korrekturen unterliegen, ohne dass ein Hinweis darauf erfolgt. Die kooperierenden Standardisierungsorganisationen (SDOs) lehnen ausdrücklich jede Art der vertraglichen oder gesetzlichen Haftung für dieses Dokument ab, einschließlich der Gewährleistung für Mängel und der Zusicherung bestimmter Gebrauchseigenschaften. Unter keinen Umständen übernehmen die kooperierenden Standardisierungsorganisationen (SDOs) die Haftung für Verluste oder Schäden, die durch einen Defekt, Fehler oder eine Auslassung in diesem Dokument verursacht wurden oder daraus resultieren.

2.3 Referenzierte Dokumente und Normen

Die folgenden Dokumente und Normen werden von diesem Dokument referenziert. Die Liste ist in alphabetischer und numerischer Reihenfolge.

2.3.1 Referenzierte Normen

[ASTM D4566-05]

Standard Test Methods for Electrical Performance Properties of Insulations and Jackets for Telecommunications Wire and Cable

[EN 50174-2]: 2018

Information technology - Cabling installation - Part 2: Installation planning and practices inside buildings

[EN 50174-3]: 2013 + A1:2017

Installation technology – Cabling installation - Part 3: Installation planning and practices outside buildings

[EN 50310]: 2016

Application of equipotential bonding in buildings with information technology equipment

[IEC 60079-10-1]: 2015

Explosive atmospheres Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres

[IEC 60079-11]: 2011

Explosive atmospheres - Part 11: Equipment protection by intrinsic safety 'i'

[IEC 60079-14]: 2013

Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installations design, selection and erection

[IEC 60079-17]: 2013

Explosive atmospheres - Part 17: Electrical installations inspection and maintenance

[IEC 60079-25]: 2020, Ed. 3.0

Explosive atmospheres - Part 25: Intrinsically safe electrical systems

[IEC 60079-28]: 2015

Explosive atmospheres - Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation

[IEC TS 60079-47]: 2021

Explosive atmospheres - Part 47: Equipment protection by 2-wire intrinsically safe Ethernet concept (2-WISE)

[IEC 60364-4-44]: 2007 + AMD1:2015 + AMD2: 2018 CSV

Low-voltage electrical installations - Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

[IEC 60603-7-3]: 2010

Connectors for electronic equipment - Part 7-3: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmission with frequencies up to 100 MHz

[IEC 61076-2-101]: Ed. 3.0 b: 2012

Connectors for Electronic Equipment - Product Requirements - Part 2-101: Circular connectors - Detail specification for M12 connectors with screw-locking

[IEC 61076-2-104]: 2014

Connectors for electronic equipment - Product requirements - Part 2-104: Circular connectors - Detail specification for circular connectors with M8 screw-locking or snap-locking

[IEC 61156-13]: xxxx (Noch nicht veröffentlicht)

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –Part 13: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 20 MHz – Horizontal floor wiring - Sectional specification

[IEC 61158-2]: 2014

Industrial communication networks – Fieldbus specification – Part 2: Physical layer specification and service definition

[IEC 61643-21]: 2000+AMD1:2008+AMD2:2012 CSV Consolidated version.

Surge protective devices connected to telecommunications and signaling networks - Performance requirements and testing methods

[IEC 61918]: 2018

Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises

[IEC 61784-5-3]: 2018

Industrial communication networks - Profiles - Part 5-3: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 3

[IEEE P802.3cg]: 2019

IEEE Standard for Ethernet Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors

[ISO/IEC 7498-1]: 1994

Information technology — Open Systems Interconnection — Basic Reference Model: The Basic Model

[ISO/IEC_11801-3]: 2017+AMD1:2021 CSV (Consolidated Version)

Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 3: Industrial premises

[NE 74]: 2016

NAMUR – Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie e.V: NAMUR Empfehlung NE 74: Anforderungen an einen Feldbus

[NE 168]: 2018

NAMUR – Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie e.V: NAMUR NE 168 Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene

[NEC 500]

ANSI/NFPA 70, National electrical code, Article 500. Hazardous location coding system

[NEC 505]

ANSI/NFPA 70, National electrical code, Article 505. Zone locations

[NEC 506]

ANSI/NFPA 70, National electrical code, Article 506. Zone 20, 21, and 22 Locations

[VDI 2183]: 2018

VDI: Zuverlässiger Betrieb Ethernet-basierter Bussysteme in der industriellen Automatisierung

2.3.2 Dokumente, auf die verwiesen wird

[APS2021]

APL Port Profile Specification. Version 1.0. <https://www.ethernet-apl.org>

[IEV 2020]

IEV Wörterbuch der Deutschen Elektrotechnischen Kommission DKE. [Siehe https://www2.dke.de/de/Online-Service/DKE-IEV/Seiten/IEV-Woerterbuch.aspx](https://www2.dke.de/de/Online-Service/DKE-IEV/Seiten/IEV-Woerterbuch.aspx)

2.4 Symbole und ihre Bedeutung

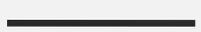
Tabelle 2-1 zeigt die Symbole, die zur Gliederung des Textes in diesem Dokument verwendet werden. Seien Sie besonders vorsichtig, wenn das Symbol "Gefahr" verwendet wird. Es wird verwendet, um eine Gefahr für Leben und Gesundheit zu kennzeichnen. Die Beachtung eines so gekennzeichneten Hinweises ist wichtig!

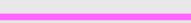
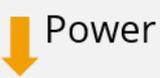
Tabelle 2-2 erläutert die Symbole der verwendeten Kabeltypen, Steckverbinder und Energieversorgungssymbole, Tabelle 2-3 die Symbole für die verwendeten Komponenten, während Tabelle 2-4 die Symbole für die Anlagenbereiche erläutert.

Tabelle 2-1: Symbole zur Strukturierung des Textes

Symbol	Name	Bedeutung
	Tipp	Wird verwendet, um eine Empfehlung des aktuellen Themas zu markieren.
	Wichtig	Wird für Informationen verwendet, die bei Nichtbeachtung zu Fehlfunktionen im Betrieb führen können.
	Anweisung	Wird für direkte Anweisungen verwendet.
	Gefahr!	Sicherheitsrelevante Information. Wird verwendet, um eine Gefahr für Leben und Gesundheit zu kennzeichnen. Das Befolgen eines so gekennzeichneten Hinweises ist äußerst wichtig!

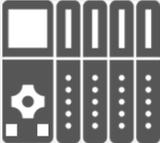
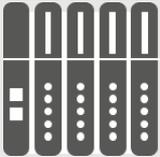
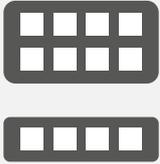
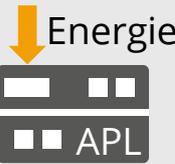
Tabelle 2-2: Symbole für Kabeltypen und Steckverbinder und Energieversorgung

Symbol	Name	Bedeutung
	Industrial-Ethernet-Kupferkabel	Industrial-Ethernet-Kabel mit Kupferadern. Die gestrichelte Linie zeigt eine inaktive Ringredundanzverbindung für erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen an. In diesem Leitfaden verwendete Farbe: grün.
	Industrial-Ethernet-LWL-Kabel	Industrial-Ethernet-Lichtwellenleiter (LWL). Die gestrichelte Linie zeigt eine inaktive Ringredundanzverbindung für erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen an. In dieser Richtlinie verwendete Farbe: orange Hinweis: Das LWL-Kabel wird nicht für APL, sondern nur für Industrial Ethernet verwendet. In diesem Leitfaden verwendete Farbe: ocker
	Ethernet-APL	Ethernet-APL-Anschluss ohne Ex-Qualifizierung. In dieser Richtlinie verwendete Farbe: schwarz.

Symbol	Name	Bedeutung
<p>Ex e</p> 	Ethernet-APL mit erhöhter Sicherheit (Ex e)	<p>Ethernet-APL-Anschluss, der in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre betrieben werden kann. Zündschutzart erhöhte Sicherheit (Ex e / non incendive).</p> <p>Die gestrichelte Linie zeigt eine inaktive Ringredundanzverbindung für erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen an.</p> <p>In dieser Richtlinie verwendete Farbe: schwarz plus Kennzeichnung Ex e oder non incendive (NI).</p>
<p>Ex i</p> 	Ethernet-APL mit Eigensicherheit (Ex i)	<p>Ethernet-APL-Anschluss, der in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre betrieben werden kann. Zündschutzart Eigensicherheit.</p> <p>In dieser Richtlinie verwendete Farbe: blau plus Kennzeichnung Ex i oder I. S.</p> <p>In diesem Leitfaden verwendete Farbe: hellblau</p>
	Feldbus	<p>Feldbus zum Beispiel PROFIBUS DP oder DeviceNet.</p> <p>In diesem Leitfaden verwendete Farbe: violett</p>
	Stromschleife 4 ... 20 mA	Schnittstelle zum Anschluss von Feldgeräten (Sensoren oder Aktoren) an ein Remote-IO. In dieser Richtlinie verwendete Farbe: rot.
	Common-Bonding-Network , Gemeinsames Potentialausgleichsnetzwerk	Das Common-Bonding-Network CBN (gemeinsamer Potentialausgleich) wird sowohl für Schutzzwecke als auch für Funktionszwecke verwendet.
	Minus-Leiter für 24 V DC und N-Leiter für 230 V AC	Wird in Schaltplänen verwendet. In diesem Leitfaden verwendete Farbe: dunkelblau
	Ethernet-Anschluss für Kupfermedien	Industrial-Ethernet- oder Ethernet-APL-Anschluss für Kupfermedien.
	Ethernet-Anschluss für Lichtwellenleiter (LWL)	Industrial-Ethernet-Anschluss für Lichtwellenleiter (LWL). Hinweis: Für Ethernet-APL gibt es keine LWL-Ports. LWL-Anschlüsse werden nur für Industrial Ethernet verwendet.
	Leitende Verbindung	Elektrisch leitende Verbindung / Verbindung zwischen zwei Leitern.
	Hilfsenergieeingang mit Energieweiterleitung	Gerät wird durch Hilfsenergie versorgt, z. B. 24 V DC, 230 V AC oder andere Spannungsversorgung. Der dicke Pfeil zeigt an, dass das Gerät Energie an Geräte im untergeordneten Netzwerk weiterleitet.
	Hilfsenergieeingang ohne Energieweiterleitung	Gerät wird durch Hilfsenergie versorgt, z. B. durch 24 V DC, 230 V AC oder andere Spannungsversorgung. Der dünne Pfeil zeigt an, dass das Gerät we-

Symbol	Name	Bedeutung
		der Energie in das unterlagerte Netzwerk weiterleitet noch über den Netzwerkanschluss Energie aufnimmt.

Tabelle 2-3: Symbole für Komponenten

Symbol	Name	Spezifikation
	Leitstation	Kommando- und Kontrollstation mit Mensch-Maschine-Schnittstelle auch Bedienstation genannt.
	Engineering-Arbeitsplatz	Arbeitsplatz zur Konfiguration der Controller, der Remote-IOs und eventuell auch der Bedienkonsole.
	Controller	Ein Gerät, das den IO-Datenverkehr initiiert und die Programmlogik ausführt.
	Remote IO	Remote IO. Ein Feldgerät, das einem Controller zugeordnet ist, um IO-Funktionen auszuführen. Schnittstellenmodule stellen in der Regel Standard-Schnittstellensignale wie 24 V DC für binäre Ein- und Ausgänge oder 4 ... 20 mA für analoge Ein- und Ausgänge zur Verfügung.
	Switch	Standard-Industrial-Ethernet-Switch für den Einsatz in nicht-explosionsfähiger Atmosphäre oder Zone 2 (Class I, Div. 2)
	APL-Power-Switch	Ethernet-Switch. Setzt Industrial Ethernet auf Ethernet-APL um. Benötigt Hilfsenergie zur Versorgung des untergeordneten APL-Netzwerks. Die Einspeisung der Hilfsenergie wird durch den dicken orangen Pfeil angezeigt.
	APL-Field-Switch ohne Hilfsenergieversorgung	Dieser Ethernet-APL-Feld-Switch stellt die Verbindung vom APL-Trunk zu den APL-Feldgeräten über die Spur-Ports her APL und stellt die Energieversorgung für die am Switch angeschlossenen APL-Feldgeräte bereit. Er wird über den Trunk mit Hilfsenergie (engl. Powered Trunk) versorgt. Es sind verschiedene Varianten von APL-Feld-Switches verfügbar. Mögliche Varianten finden Sie in Abbildung 4-4.

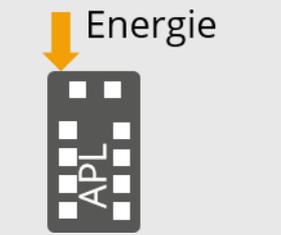
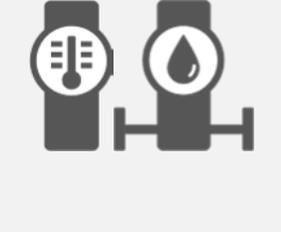
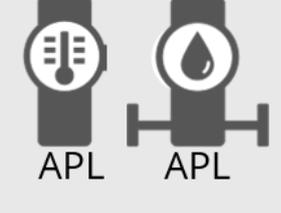
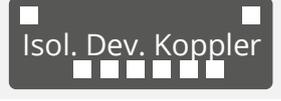
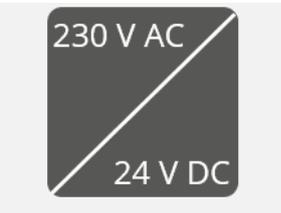
Symbol	Name	Spezifikation
	APL-Field-Switch mit Hilfsenergieversorgung	Dieser Ethernet-APL-Field-Switch stellt eine Verbindung zwischen dem Industrial Ethernet und den an den Spurs angeschlossenen Ethernet-APL-Feldgeräten her. Er versorgt die APL-Feldgeräte mit Energie. Der abgebildete Switch ist an die Hilfsenergieversorgung angeschlossen nicht über das Industrial Ethernet mit Energie versorgt. Für mögliche Varianten siehe Abbildung 4-4.
	Standard-Feldgerät	Feldgerät, z. B. Temperaturtransmitter, Drucktransmitter, Durchflusstransmitter, Stellungsregler), das über eine 4 ... 20 mA Stromschleife mit dem Leitsystem verbunden ist. Das HART-Protokoll wird häufig für Konfigurations- und Diagnosezwecke verwendet. Messumformer mit externer Spannungsversorgung (Vierleiter-Messumformer) sind möglich, werden aber nicht gesondert behandelt.
	APL-Feldgerät	APL-Feldgerät, (z. B. Temperaturtransmitter, Drucktransmitter, Durchflusstransmitter, Stellungsregler), mit Ethernet-APL-Schnittstelle. Gerät kommuniziert über Ethernet-APL und wird darüber auch mit Energie versorgt. Messumformer zusätzlicher Hilfsenergieversorgung (Vierleiter-Messumformer) sind möglich, werden aber nicht separat behandelt.
	APL-Auxiliary-Device	Ein Gerät, das innerhalb eines APL-Segments angeschlossen ist, aber nicht kommuniziert. Es kann eine elektrische Last darstellen oder eine Einfügedämpfung für das Kommunikationssignal verursachen. Ein Überspannungsschutz ist zum Beispiel ein Auxiliary-Device.
	APL Inline-Verbindung	Eine APL-Inline-Verbindung ist eine passive Komponente, die zum Verbinden von APL-Kabeln verwendet wird.
	Gerätekoppler mit galvanischer Trennung	Wird für PROFIBUS PA und Foundation-Fieldbus-H1 verwendet. Begrenzt die Spannung und den Strom auf den Spurs.
	PROFIBUS-DP-zu-PA-Konverter	Verbindet ein PROFIBUS-DP-Segment mit einem PROFIBUS-PA-Segment. Typischerweise hat ein Konverter einen PROFIBUS-DP-Anschluss und mehrere PROFIBUS-PA-Anschlüsse. Die Mehrfachanschlüsse sind im Symbol nicht dargestellt.
	Hilfsenergieversorgung	Dient zur Versorgung von Geräten mit Hilfsenergie. Das gezeigte Beispiel wandelt 230 V AC in 24 V DC um. Andere Primär- und Sekundärspannungen sind möglich.

Tabelle 2-4: Symbole für Bereiche

Symbol	Name	Bedeutung
	EMI - Elektromagnetische Störungen / elektromagnetische Interferenz (EMI)	Bereich, in dem mit dem Auftreten von elektromagnetischen Störungen / elektromagnetischen Interferenzen (EMI) gerechnet werden muss.
	Explosionsfähige Atmosphäre	Bereich, in dem mit der Gefahr einer Explosion gerechnet werden muss.
	Nicht-explosionsfähige Atmosphäre	Bereich, in dem die Gefahr einer Explosion nicht gegeben ist.

3 Einführung in die APL-Technologie

In diesem Abschnitt wird die APL-Technologie vorgestellt und typische Anwendungsfälle beschrieben.

3.1 Grundlagen der Ethernet-Kommunikation

Das Ethernet-Kommunikationsprotokoll verwendet, wie viele andere Protokolle auch, einen in Abbildung 3-1 dargestellte mehrschichtigen Ansatz, der als ISO/OSI-Protokollstapel bekannt ist.

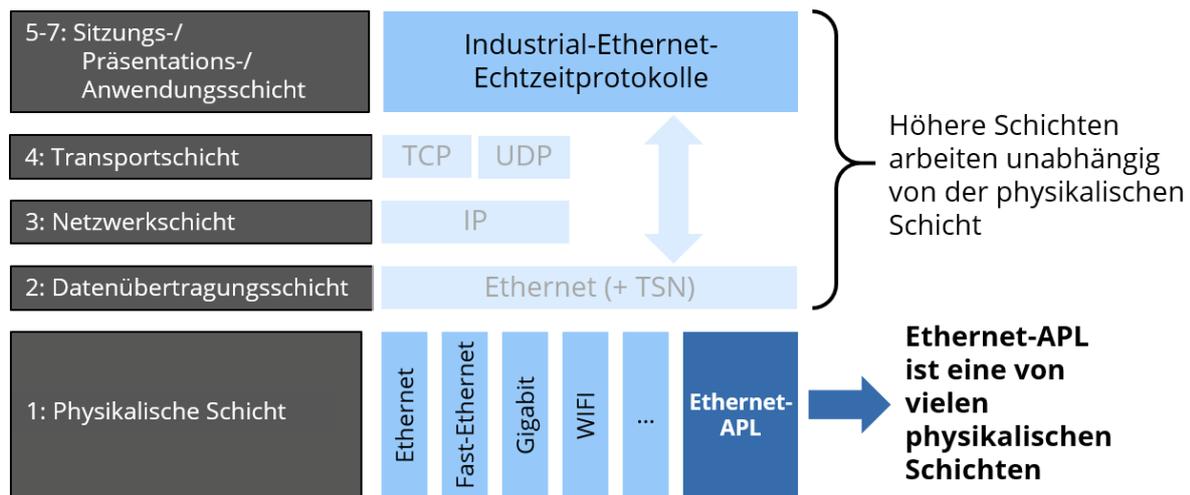


Abbildung 3-1: ISO/OSI-Protokollstapel von Ethernet

Der schichtweise Ansatz erlaubt es, Teile des Protokollstapels zu ändern, während andere Teile erhalten bleiben. In Abbildung 3-1 ist die physikalische Schicht (engl. Physical Layer) die unterste Schicht. Hier werden die Übertragungsmedien, die Datenraten und die Anschlüsse festgelegt. Abbildung 3-1 zeigt, dass unterschiedliche physikalische Schichten (z. B. Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet, etc.) verwendet werden können. Im Kontext dieses Dokumentes ist die physikalische Schicht von Interesse. Es ist zu erkennen, dass Ethernet-APL eine von vielen physikalischen Schichten ist, die spezielle Anforderungen im Bereich der Automatisierung erfüllt. Sie kann parallel zu anderen existierenden physikalischen Schichten verwendet werden und hat keinen Einfluss auf die darüber liegenden Schichten. Der nächste Abschnitt erklärt, wie sich Ethernet-APL von anderen physikalischen Schichten unterscheidet und erläutert dann die technologischen Eigenschaften.

3.2 Was ist Ethernet-APL?

Der zunehmende Einsatz von Industrial-Ethernet bringt Vorteile in Bezug auf die Netzwerkd Diagnose, die Schulung von Mitarbeitern und die Verwendung einer einzigen konvergenten Technologie, also wenn die Ethernet-Technologie in der gesamten Anlage eingesetzt wird. Dies würde bedeuten, dass auch die Feldgeräte an das konvergente Ethernet-Netzwerk angeschlossen werden. Die Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik in der Prozessindustrie (NAMUR) hat in den Empfehlungen [NE 168] und [NE 74] Anforderungen an "Ethernet im Feld" definiert. Die [NE 74] nennt z. B. folgende Anforderungen (Auszug):

- Kommunikation unter Berücksichtigung der Randbedingungen der Prozessindustrie (raue Umgebung, spezifische Topologie-Vorgaben)
- Der Betrieb in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre muss möglich sein
- Die Handhabung durch das Instandhaltungspersonal muss möglich sein
- Robuste und einfache Anschlusstechnik
- Die Zykluszeit für die Übertragung liegt je nach Aufgabe zwischen 10 ms und 2 000 ms
- Alle Feldgeräte müssen die gleiche definierte und standardisierte physikalische Schicht unterstützen.
- Die Protokolle müssen von allen Buskomponenten (z. B. Feldgeräte, Prozessleitsysteme, Infrastrukturkomponenten, ...) unterstützt werden.
- Alle verwendeten Protokolle müssen untereinander interoperabel sein, d.h. ein gleichzeitiger Betrieb muss möglich sein.

Mit der physikalischen Schicht Ethernet-APL definieren die kooperierenden Standardisierungsorganisationen (SDOs) eine Kommunikationslösung, die die Forderung der Prozessindustrie nach einer konvergierenden Netzwerkarchitektur im Automatisierungsbereich mit folgenden Eigenschaften erfüllt:

- Ethernet-basierte Kommunikation
- Zweidrahtverbindung bis zum Sensor
- Spannungsversorgung der Geräte über den Zweidrahtanschluss
- Die Wiederverwendung bestehender Kabelinstallationen muss möglich sein (abhängig vom Kabeltyp)
- Der Betrieb von Feldgeräten und Switches in den Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre ist möglich
- Der Austausch von ausgefallenen Geräten während des Betriebs in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre ist möglich.

4 Planungsprozess von APL-Netzwerken



Dieses Kapitel führt Sie durch den Planungsprozess für ein Ethernet-APL-System. Zielgruppe für dieses Kapitel sind Personen, die am Planungsprozess für ein APL-Netzwerk beteiligt sind.

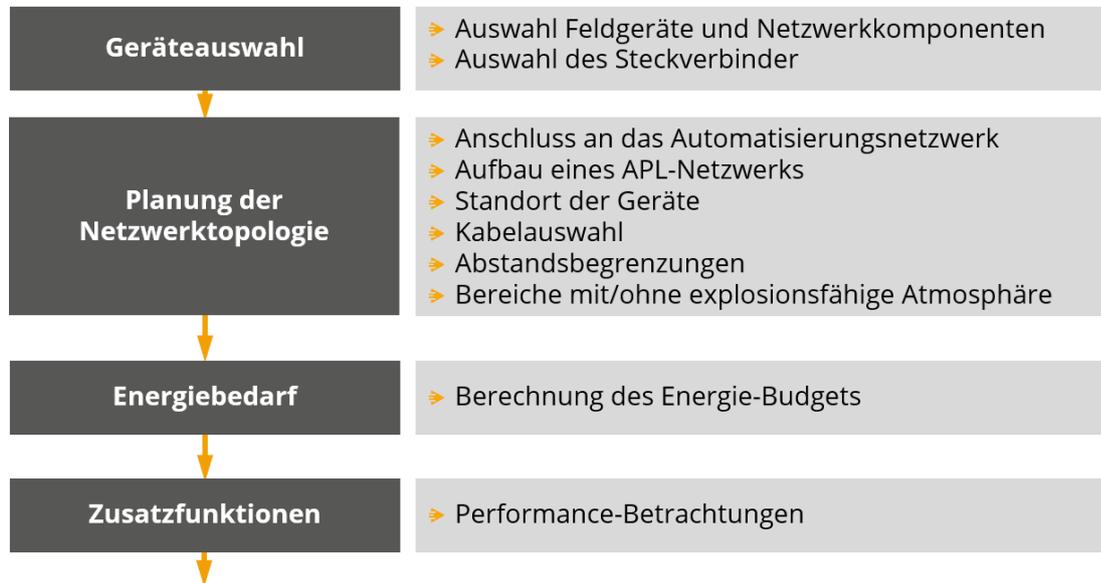


Abbildung 4-1: Der APL-Planungsprozess

Abbildung 4-1 gibt einen Überblick über den in diesem Abschnitt beschriebenen APL-Planungsprozess und die wichtigsten Planungsschritte.

4.1 Geräteauswahl

In diesem Dokument wird eine APL-Beispielanwendung verwendet, die in Abbildung 4-2 dargestellt ist.

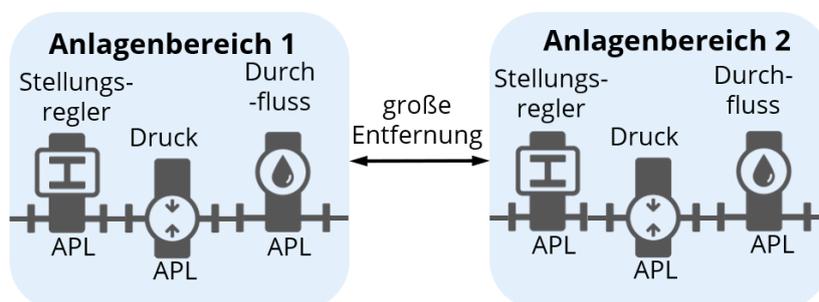


Abbildung 4-2: Anwendungsbeispiel Sensoren / Aktoren

Es wird davon ausgegangen, dass die Anwendung aus zwei Anlagenbereichen besteht, die sich in einem größeren Abstand voneinander befinden. In jedem der Anlagenbereiche soll ein Gasfluss in einer Rohrleitung durch ein Regelventil mit Stellungsregler und einen Durchflusssensor geregelt werden. Zusätzlich soll der Druck in der Rohrleitung gemessen werden. Die Geräte in beiden Anlagenbereichen sollen an einen einzigen Controller angeschlossen werden, der die Regel- und Messaufgaben übernimmt. Die nächsten Kapitel führen nun durch den Aufbau eines APL-basierenden Systems, um die in Abbildung 4-2 dargestellten Sensoren und Aktoren anzuschließen.

4.1.1 APL-Feldgerätetypen

Zurückblickend auf die Ausgangsaufgabe in diesem Planungsbeispiel in Abbildung 4-2 ist zu erkennen, dass APL-Feldgeräte ausgewählt werden müssen. In diesem Fall werden drei verschiedene Feldgeräte benötigt: Zwei Temperatursensoren, zwei Durchflusssensoren und zwei Stellungsregler. Dieses Kapitel soll eine Hilfestellung geben, welche Eigenschaften bei der Auswahl eines APL-Feldgerätes berücksichtigt werden müssen.

Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Durchfluss ➤ Temperatur ➤ Etc.
Port-Kompatibilität	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trunk, ➤ Spur ➤ Versorgte / nicht versorgte Anschlüsse
Anschlussstechnik	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Klemmenleiste ➤ M12 ➤ M8 (nicht für eigensichere Signale)
Ex-Zone	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Keine Ex-Einstufung ➤ Zone 2 / Class I, Div. 2 ➤ Zone 1 / Class I, Div. 1, etc. ➤ Zone 0
Kommunikationsprotokoll	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PROFINET ➤ EtherNet/IP ➤ HART-IP ➤ OPC UA ➤ usw.

Abbildung 4-3: APL Geräteauswahlkriterien

Abbildung 4-3 fasst die Kriterien zusammen, die bei der Auswahl eines APL-Gerätes beachtet werden müssen. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass das Gerät den Advanced-Physical-Layer (APL) unterstützen muss, gemäß der APL-Port-Profil-Spezifikation, die von einer Zertifizierungsstelle zertifiziert werden muss. [APS2021]. Diese Spezifikation beschreibt die Eigenschaften der verschiedenen APL-Ports, insbesondere in Bezug auf ihre elektrischen Leistungsmerkmale. Als nächster Schritt muss das Gerät entsprechend der gewünschten Anwendung, wie Durchfluss, Temperatur, Druck, ausgewählt werden. Wie bereits erwähnt, erhalten APL-Geräte in der Regel ihre Energie über das Netzwerkkabel. Dennoch gibt es Geräte, die eine zusätzliche Hilfsenergieversorgung benötigen. In diesem Fall wird der APL Port-Typ "gespeist" verwendet, aber das Gerät wird zusätzlich mit Energie versorgt. Für "gespeisten" Porttypen unterscheidet APL verschiedene

Portklassen, die die Leistungsaufnahme eines Gerätes spezifizieren. Für die Phase der Geräteauswahl soll es ausreichen, dass der Hersteller des Gerätes den Porttyp und die Portklasse angibt.

APL-Geräte verwenden verschiedene Anschlussarten wie z. B. Schraub- oder Käfigzugfederklemmen, M12- oder M8-Rundsteckverbinder. In der Regel wird die Anschlusstechnik durch das Gerät definiert. Weitere Informationen zu Anschlusstechniken folgen in Abschnitt 4.1.5.

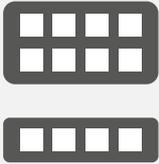
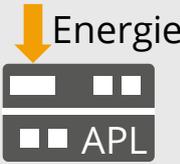
Je nach Einsatz in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre muss das Gerät den Anforderungen für Zone 1 (Class I, Div. 1), Zone 2 (Class I, Div. 2) entsprechen. In einigen Fällen, wenn Teile des Geräts dauerhaft mit einem entzündlichen Medium in Berührung kommen, gilt auch die Ex-Zone 0. In Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre muss dieser Aspekt nicht beachtet werden. Bei der Geräteauswahl ist zu prüfen, ob das ausgewählte Gerät für den Einsatz in der vorgesehenen Zone oder Class / Division geeignet ist. Eine entsprechende Bescheinigung muss vorhanden sein.

Der letzte Punkt für die Geräteauswahl ist das unterstützte Kommunikationsprotokoll. Da die APL nur die physikalische Schicht des Geräts beschreibt, muss die darüber liegende Industrial-Ethernet-Kommunikationsschicht (z. B. EtherNet/IP, HART-IP, OPC UA, PROFINET) entsprechend dem im Automatisierungsnetzwerk verwendeten Kommunikationsprotokoll gewählt werden.

4.1.2 Switch-Typen

In Tabelle 4-1 sind die verschiedenen Arten von Switches aufgeführt, die in einem APL-System verwendet werden können.

Tabelle 4-1 Switch-Typen

Symbol	Name	Spezifikation
	Switch	Standard-Industrial-Ethernet-Switch für den Einsatz in nicht-explosionsfähiger Atmosphäre oder Zone 2 (Class I, Div. 2)
	APL-Power-Switch	Ein APL Power-Switch setzt Industrial Ethernet auf Ethernet-APL um und liefert Energie an die APL-Ports. Benötigt Hilfsenergie zur Versorgung des untergeordneten APL-Netzwerks. Die Einspeisung der Hilfsenergie wird durch den dicken orangen Pfeil angezeigt.
	APL-Field-Switch ohne Hilfsenergieversorgung	Dieser Ethernet-APL-Feld-Switch stellt die Verbindung vom APL-Trunk zu den APL-Feldgeräten über die Spur-Ports her APL und stellt die Energieversorgung für die am Switch angeschlossenen APL-Feldgeräte bereit. Er wird über den Trunk mit Hilfsenergie (engl. Powered Trunk) versorgt. Es sind verschiedene Varianten von APL-Feld-Switches verfügbar. Mögliche Varianten finden Sie in Abbildung 4-4.

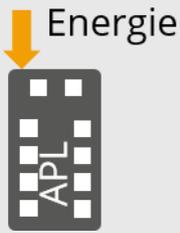
Symbol	Name	Spezifikation
	APL-Field-Switch mit Hilfsenergieversorgung	Dieser Ethernet-APL-Field-Switch stellt eine Verbindung zwischen dem Industrial und den an den Spurs angeschlossenen Ethernet-APL-Feldgeräten her. Er versorgt die APL-Feldgeräte mit Energie. Der abgebildete Switch ist an die Hilfsenergieversorgung nicht über das Industrial Ethernet mit Energie versorgt. Für mögliche Varianten siehe Abbildung 4-4.

Abbildung 4-4 zeigt mögliche Port-Kombinationen eines APL-Field-Switches.

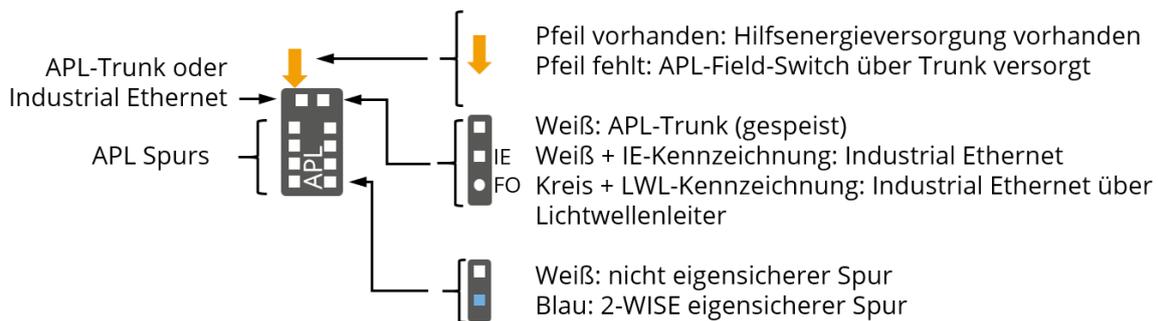


Abbildung 4-4: Mögliche Port-Kombinationen für APL-Field-Switches

In Tabelle 4-4 finden Sie weitere Informationen zu den Eigenschaften der verschiedenen Port-Typen.

4.1.3 Weitere APL-Komponenten

Neben den bisher beschriebenen Komponenten können weitere Komponenten Teil eines APL-Netzwerks sein. Tabelle 4-2 beschreibt diese zusätzlichen Komponenten (engl. Auxiliary Devices und Inline Connections). Die Anzahl dieser Geräte in einem APL-Segment ist begrenzt. Kapitel 4.3.4 wird sich mit diesen Einschränkungen beschäftigen.

Tabelle 4-2: Weitere APL-Komponenten

Symbol	Name	Beschreibung
	APL-Auxiliary-Device	Ein Gerät, das innerhalb eines APL-Segments angeschlossen ist, aber nicht kommuniziert. Es kann eine elektrische Last darstellen oder eine Einfügedämpfung für das Kommunikationssignal verursachen. Ein Überspannungsschutz ist zum Beispiel ein Auxiliary-Device.
	APL-Inline-Verbindung	Eine APL-Inline-Verbindung ist eine passive Komponente, die zum Verbinden von APL-Kabeln verwendet wird.

4.1.4 Kabeltypen für APL-Netzwerke

Das unterstützte APL-Kabel ist ein symmetrisches, geschirmtes, paarweise verdrehtes Kabel mit einem Wellenwiderstand im Bereich von $100 \Omega \pm 20 \%$ in einem Frequenzbereich von 100 kHz bis 20 MHz (gemessen nach [ASTM D4566-05] oder gleichwertigem internationalen Standard), wie es typischerweise für PROFIBUS-PA und FOUNDATION-Feldbus-H1 verwendet wird. Die Aderquerschnitte können im Bereich von 26AWG (0,14 mm²) bis 14AWG (2,5 mm²) liegen, entweder mit massiver Ader oder Litze.

Der Referenzkabeltyp für APL-Segmente ist das Feldbuskabel Typ A MAU Typ 1 und 3 (spezifiziert in [IEC 61158-2]). Dieses Kabel erfüllt die Anforderungen für eigensichere Anwendungen, wie sie in [IEC TS 60079-47] beschrieben sind, und kann auch in nicht-eigensicheren Anwendungen verwendet werden.

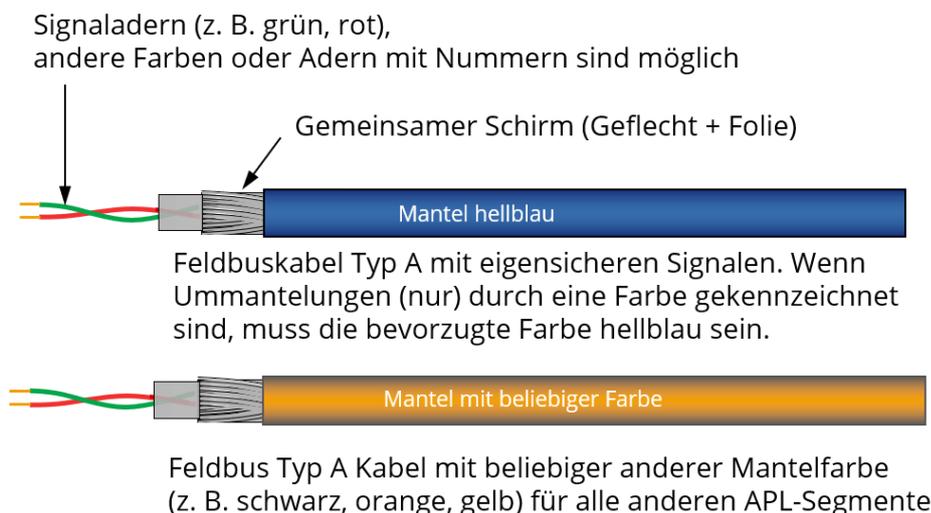


Abbildung 4-5: APL-Kabeltypen

Abbildung 4-5 zeigt den Aufbau des beschriebenen Kabels. Die beiden Signaladern sind durch einen gemeinsamen Schirm und Mantel geschützt. Eigensichere Ethernet-APL-Kabelsegmente müssen zu ihrer Kennzeichnung markiert sein. Wenn Ummantelungen (nur) durch eine Farbe gekennzeichnet sind, ist die bevorzugte Farbe hellblau. Alle anderen APL-Segmente dürfen eine beliebige andere Mantelfarbe außer hellblau haben. Prüfen Sie die lokalen Installationsrichtlinien, z. B. [IEC 60079 -14] für detaillierte Informationen bezüglich der Installation in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre.

Installationen basierend auf einer installierten Verkabelungsstruktur (Bownfield-Anlage)

Bei Verwendung einer bereits installierten Kabelinfrastruktur ist es zwingend erforderlich, dass die Leistungsfähigkeit der Datenübertragung sichergestellt ist. Es ist eine Prüfung nach [ISO/IEC 11801-3] durchzuführen. Während für Trunk-Kabel die Einfügungsdämpfungs-Grenzwerte von [ISO/IEC 11801-3] zu verwenden sind, ist für Stichkabel ein Korrekturfaktor von 0,2 auf die Einfügungsdämpfungs-Grenzwerte von [ISO/IEC 11801-3] anzuwenden, um die maximale Stichkabellänge von 200 m im Vergleich zur maximalen Trunkkabellänge von 1 000 m zu berücksichtigen.

Erforderliche Kabelparameter für die Requalifizierung von bestehenden Kabeln für den Einsatz in einem APL-System

Tabelle 4-3: Maximal zulässige Kabellängen und Kabelparameter gemäß APL-Kabelkategorie

Parameter	APL-Kabelkategorie			
	I	II	III	IV
Maximale Stammkabellänge in m	250	500	750	1000
Maximale Stichleitungslänge in m	50	100	150	200
Kopplungsdämpfung in dB	≥ 60 (f ist die Frequenz in MHz; $0,1 \leq f \leq 20$)			
Kabelrückflussdämpfung in dB	$\geq 15 + 8 \times f$ (f ist die Frequenz in MHz; $0,1 \leq f \leq 0,5$)			
	≥ 19 (f ist die Frequenz in MHz; $0,5 \leq f \leq 20$)			
Einfügedämpfung des Trunkkabels in dB	$\leq 10 \times (1,23 \times \sqrt{f} + 0,01 \times f + 0,2/\sqrt{f})$ (f ist die Frequenz in MHz; $0,1 \leq f \leq 20$)			
Einfügedämpfung der Stichleitung in dB	$\leq 2 \times (1,23 \times \sqrt{f} + 0,01 \times f + 0,2/\sqrt{f})$ (f ist die Frequenz in MHz; $0,1 \leq f \leq 20$)			
Übersprechen in dB, (PSA-NEXT/PSAFEXT Aderpaar zu Aderpaar) für mehradrige Kabel	≥ 60 (f ist die Frequenz in MHz; $0,1 \leq f \leq 20$)			

HINWEIS 1: Die Werte in Tabelle 4-3 gelten für ein- und mehrpaarige Kabel.

ANMERKUNG 2: Die Einfüge- und Rückflussdämpfung ist mit einer Referenzkabellänge von 500 m zu messen.

ANMERKUNG 3: Die Anforderungen an das AC-Link-Segment können auch mit Hilfe der Kanaldefinitionen der TIA SP1-1000 und der ISO/IEC T1-A-1000 verifiziert werden, was dazu führen kann, dass IEC 61158 Feldbuskabel des Typs A nicht mit diesen Definitionen übereinstimmen.

HINWEIS 4: Abhängig von der APL-Kabelkategorie ist die maximale Kabellänge begrenzt. Dies ermöglicht die Verwendung von Kabeln mit höherer Einfügungsdämpfung, die daher nur eine geringere maximale APL-Segmentlänge unterstützen können und dennoch alle Anforderungen dieser Tabelle erfüllen.

ANMERKUNG :5 Die Grenzkurve für die Kabelrückflussdämpfung liegt 6 dB über der IEEE802.3cg-Grenzkurve, wobei mehrfache additive Signalreflexionen berücksichtigt werden, die bei kurzen Kabellängen auftreten.

HINWEIS 6: Bei gespeisten APL-Segmenten muss zusätzlich der Spannungsabfall über das Kabel berücksichtigt werden, um die maximal unterstützte Kabellänge zu bestimmen.

Tabelle 4-3 definiert die APL-Kabelkategorien I bis IV und die damit verbundene maximale Kabellänge für den Trunk und die Spurs sowie die Kabelparameter.

Neuinstallationen mit Kabeln nach IEC 61156-13

Die Norm [IEC 61156-13] befindet sich noch in der Entwicklung. Derzeit kann keine Aussage über die Verwendbarkeit von Kabeln nach dieser Norm getroffen werden. Dieses Dokument wird zu einem späteren Zeitpunkt hinsichtlich dieser Thematik aktualisiert.

In der Prozessindustrie wird eine Vielzahl von Kabeltypen verwendet, die sich in ihrer Leistung und elektrischen Charakteristik unterscheiden. Im Prinzip kann APL mit all diesen Kabeln verwendet werden, sofern die Spezifikationen in Tabelle 4-3 erfüllt sind.



Sind besondere Anforderungen wie z. B. bewegliche Kabel, Schleppkabel oder spezielles Isolationsmaterial zu beachten, so sind die Kabel entsprechend den Erfordernissen auszuwählen, wobei die elektrischen Parameter zu beachten sind.

4.1.5 Verbindungstechnologien für APL-Netzwerke

Die APL-Port-Profil-Spezifikation [APS2021] definiert die folgenden Anschlüsse für APL-Geräte

- Schraub- oder Federzugklemmen / Reihenklemmen
- M12-Steckverbinder , A-kodiert
- M8-Steckverbinder , A-codiert (nicht für eigensichere Stromkreise)

Eine detaillierte Beschreibung der Steckverbinder und der Anschlussbelegung folgt in Kapitel 6.2. Dieser Abschnitt befasst sich nur mit der Auswahl der Steckverbinder. APL-Geräte verwenden unterschiedliche Arten von Steckverbindern. Daher muss die Person, die ein APL-Netzwerk plant, die Anschluss Technik entsprechend planen: Kabelverschraubung, Buchse oder Stecker.



In der Regel definiert das verwendete APL-Gerät den Steckverbindertyp. Diejenige Person, die das Netzwerk plant, muss die von den Komponenten definierten Steckertypen beachten und die Anschluss Technik entsprechend planen.

4.2 Mögliche Topologien für ein APL-System

Unter Bezug auf die in Abbildung 4-2 dargestellte Beispielanwendung sollen insgesamt sechs Geräte in zwei Anlagenbereichen über APL an das Automatisierungsnetzwerk angeschlossen werden. Je nach den Erfordernissen in der Anlage, können verschiedene Alternativen verwendet werden, um die Field-Switches mit dem Automatisierungsnetzwerk zu verbinden. Jede Alternative bringt spezifische Vorteile mit sich, die gemäß Tabelle 4-4 berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 4-4: Merkmale der verschiedenen APL-Netzwerkstrukturen

Merkmals	Field-Switch mit Industrial Ethernet	Gespeister APL-Trunk
Maximale Spur-Länge	≤ 200 m für Kabelkategorie IV	≤ 200 m für Kabelkategorie IV
Maximale Trunk-Länge / Industrial-Ethernet-Länge	Lichtwellenleiter: Abhängig von der Art der Faser. Typischerweise ≤ 2 000 m für Multimode-Fasern. Kupferkabel: ≤ 100 m	≤ 1 000 m bei Kabelkategorie IV. Abhängig von der Leistungsaufnahme der Field-Switches und der APL-Feldgeräte und dem verwendeten Kabel.
Spannungsabfall auf dem Trunk ist zu berücksichtigen	Nein	Ja
Datenrate auf Trunk / Industrial Ethernet	Typ. 100 Mbit/s	10 Mbit/s
Netzlast (Kommunikationslast) auf der Leitung ist zu beachten	Ja, aber bei einer Datenrate von 100 Mbit/s sind die Auswirkungen vernachlässigbar	Ja
Im Feld benötigte Hilfsenergie	Ja, zur Versorgung der Field-Switches	Nein, Field-Switches werden über Trunk versorgt
Potentialausgleich	Bei Verwendung von Lichtwellenleitern zur Verbindung der Field-Switches ist der Potentialausgleich unkritisch	Zu beachten, insbesondere bei Verwendung großer Trunk-Längen

In den nächsten Abschnitten wird auf die drei Alternativen im Detail eingegangen. Die Auswirkungen der Ex-Zonen auf die Topologie werden in Abschnitt 4.5 betrachtet. Für alle vier Alternativen sind die Überlegungen zu den Spurs identisch. Daher wird dieser Aspekt zuerst beschrieben.

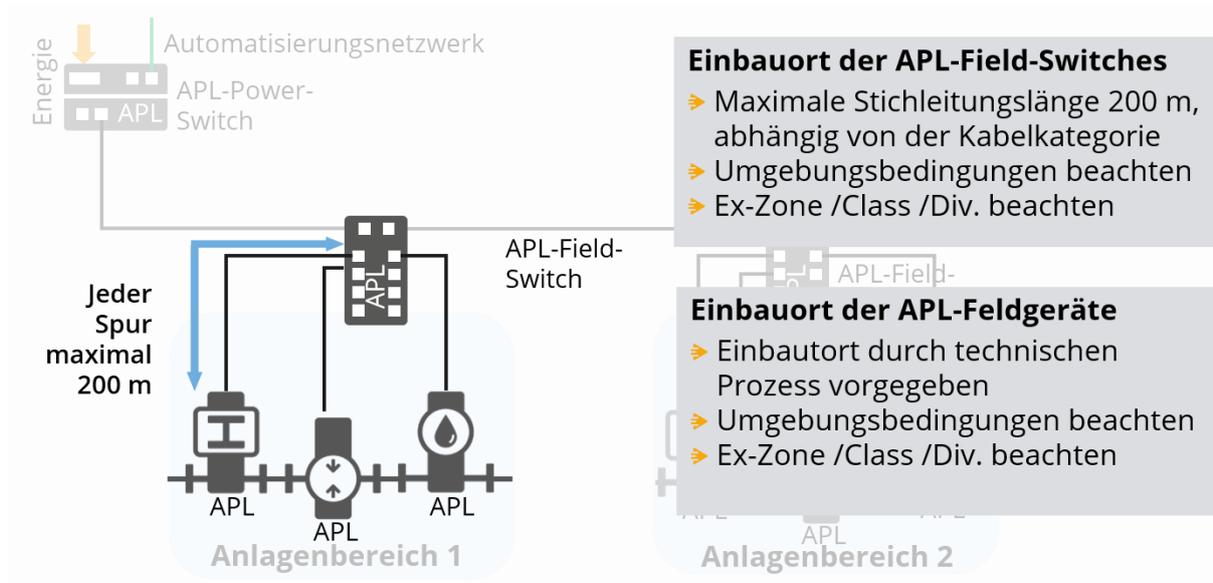


Abbildung 4-6: Einbauort von APL-Feldgeräten und APL Field-Switches

Abbildung 4-6 zeigt den Einbauort der APL-Feldgeräte und der Field-Switches. Zunächst ist zu erkennen, dass der Standort der Feldgeräte durch den technischen Prozess definiert ist. Die Person, die das APL-Netzwerk plant, muss also den Einbauort der Feldgeräte, der in der Rohrleitungs- und Instrumentierungsplanung (P&I) festgelegt wurde, als Vorbedingung berücksichtigen. Im folgenden Planungsschritt muss der Field-Switch in der Nähe der Feldgeräte unter Beachtung der folgenden Bedingungen platziert werden:

- Die maximale Entfernung zwischen Feldgerät und Field-Switch beträgt 200 m, wenn die Kabelkategorie IV gemäß der in Tabelle 4-3 aufgeführten Kabelkategorien verwendet wird.
- Die Anzahl der Geräte muss zur Anzahl der Ports des Switches (Spur-Ports) inklusive Port-Reserve passen.
- Eine Port-Reserve sollte in Betracht gezogen werden.
- Die Umgebungsbedingungen des Field-Switches müssen beachtet werden.
- Die Zuordnung des Field-Switches zur Ex-Zone /Class, Division gemäß Kapitel 4.5 beachten.

In einem nächsten Schritt werden die drei zuvor beschriebenen Alternativen im Detail beschrieben.

4.2.1 Alternative 1: Field-Switches mit Industrial-Ethernet-Anschluss

Diese Alternative verwendet Standard-Industrial-Ethernet, um die APL-Feld-Switches mit dem Automatisierungsnetzwerk zu verbinden. In diesem Fall wird das Automatisierungsnetzwerk über einen Lichtwellenleiter zu den APL-Feld-Switches geführt. Kupferkabel ist ebenfalls möglich, aber die Längenbegrenzung muss beachtet werden. Ein Power-Switch ist nicht erforderlich. Die APL-Field-Switch müssen über eine Hilfsspannungsquelle versorgt werden.

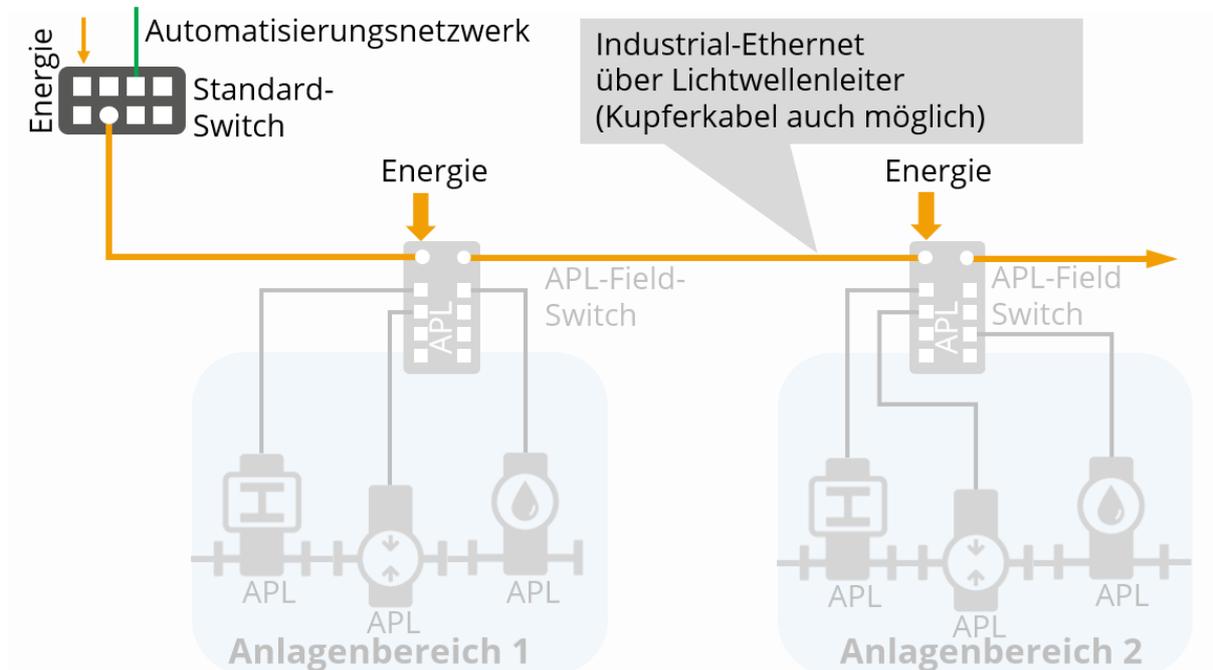


Abbildung 4-7: Field-Switches mit Industrial-Ethernet-Anschluss

Abbildung 4-7 zeigt die Netzwerkstruktur auf Basis von Industrial-Ethernet. Kupferleitungen erlauben Entfernungen bis zu 100 m. Multimode-Lichtwellenleiter erlauben typischerweise Entfernungen zwischen den APL-Feld-Switches von bis zu 2 km.



Wenden Sie sich an Ihren Lieferanten, um zu erfahren, welche Arten von Lichtwellenleitern von den APL-Field-Switches unterstützt werden.

4.2.2 Alternative 2: Gespeister APL-Trunk

Dieser Abschnitt befasst sich mit dem gespeisten APL-Trunk.

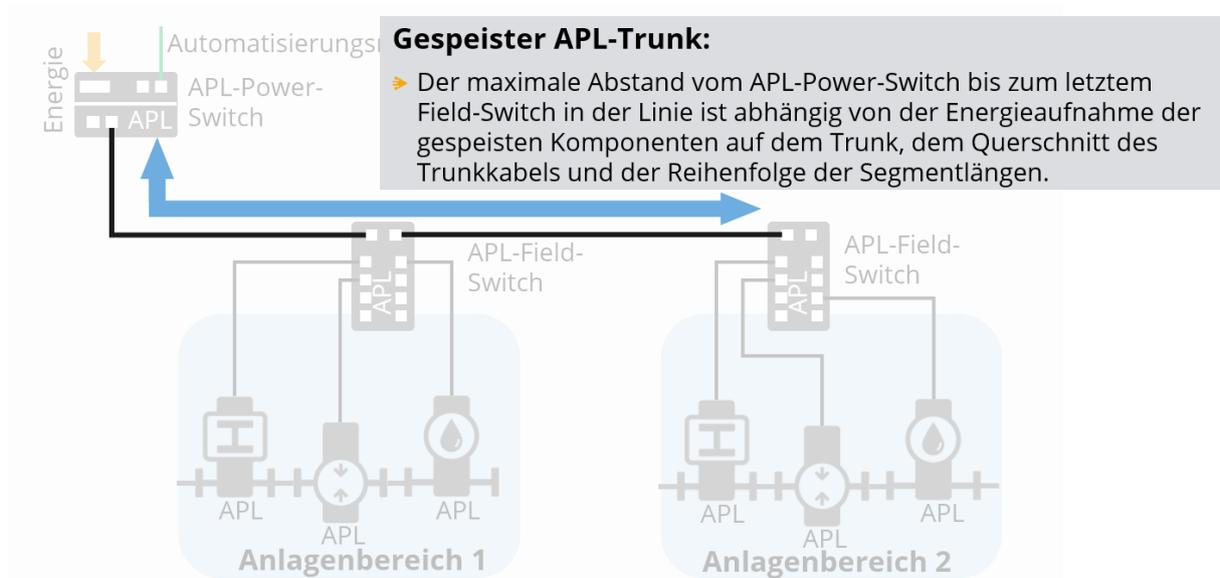


Abbildung 4-8: Maximale Leitungslänge gespeister APL-Trunk

Abbildung 4-8 definiert die letzte Begrenzung für die Platzierung der APL-Field-Switch, falls ein gespeister Trunk verwendet wird. Die maximale Entfernung für jedes Segment in der Leitung kann bis zu 1 000 m betragen, hängt aber von den folgenden Parametern ab:

- Ausgangsspannung des APL-Power-Switches.
- Anzahl der APL-Field-Switches, die mit dem gespeisten APL-Trunk verbunden sind.
- Anzahl der an die Field-Switch angeschlossenen APL-Feldgeräte und deren Leistungsaufnahme.
- Aderquerschnitt der Trunk-Leitung.
- Temperatur der Trunk-Leitung, da der Widerstand von der Umgebungstemperatur abhängt.

In Anhang 10.2 finden Sie Details zur Berechnung. In Kapitel 4.10 finden Sie einige Best-Practice-Beispiele für verschiedene Szenarien. Platzieren Sie die APL-Field-Switch so, dass der berechnete maximale Abstand eingehalten wird.



Der Standort der APL-Feldgeräte wird durch den technischen Prozess definiert und ist Input für den APL-Planungsprozess. APL-Feldgeräte sind so zu platzieren, dass die maximale Spur-Länge maximal 200 m beträgt, der maximale Abstand zwischen dem Power-Switch und dem letzten Field-Switch in der Linie muss berechnet werden. Diese Leitungslänge ist abhängig von dem in Tabelle 4-3 angegebenen Kabeltyp und den oben genannten Voraussetzungen.

Nach dieser Einführung in typische Netzwerkstrukturen wird im folgenden Abschnitt durch Planungsbeispiele mit und ohne explosionsfähiger Atmosphäre geführt.

4.3 Grundlagen der APL-Topologie-Planung

Wir gehen vorerst davon aus, dass alle Komponenten in einem Bereich ohne explosionsfähige Atmosphäre platziert sind. Daher sind Ex-Betrachtungen zu diesem Zeitpunkt nicht notwendig, sie werden aber später in Kapitel 4.5 behandelt.

4.3.1 Struktur des übergeordneten Netzwerks

Wie aus Kapitel 3 bekannt, arbeitet ein APL-System im Verbund mit dem übergeordneten Industrial-Ethernet-Netzwerk. Da die Struktur des übergeordneten Netzwerks für den APL-Planungsprozess nicht relevant ist, wird hier nicht auf die Struktur des übergeordneten Netzwerkes eingegangen. Es ist lediglich zu beachten, dass das übergeordnete Industrial-Ethernet-Netz an die Stellen geführt werden muss, an denen sich die APL-Power-Switches oder die APL-Field-Switches mit Industrial-Ethernet-Anschluss befinden. Siehe Abbildung 3-2.

4.3.2 Port-Kompatibilität APL-Netzwerke

APL unterscheidet zwischen Trunk (T) und Spur (S). Die Merkmale können wie folgt beschrieben werden:

- Trunk (T): Ein Trunk ist die "Hauptleitung" des APL-Netzwerks. Er verbindet den APL-Power-Switch mit dem ersten APL-Field-Switch in der Linie und die APL-Field-Switches untereinander.
- Trunk-Segmente müssen jeweils $\leq 1\,000$ m sein. Zusätzlich ist die maximal zulässige Länge eines gespeisten Trunks gemäß Anhang 10.2 zu berechnen.
- Spur (S): Eine Spur-Leitung verbindet ein APL-Feldgerät mit einem Field-Switch. Die Länge einer Spur-Leitung muss ≤ 200 m sein (Kabelkategorie IV).

Die kombinierte Nutzung von Trunks und Spurs ist in Abbildung 4-9 dargestellt. Beachten Sie, dass die maximale Länge eines Trunks und einer Spur von der Kabelkategorie abhängig ist, wie in Tabelle 4-3 dargestellt.

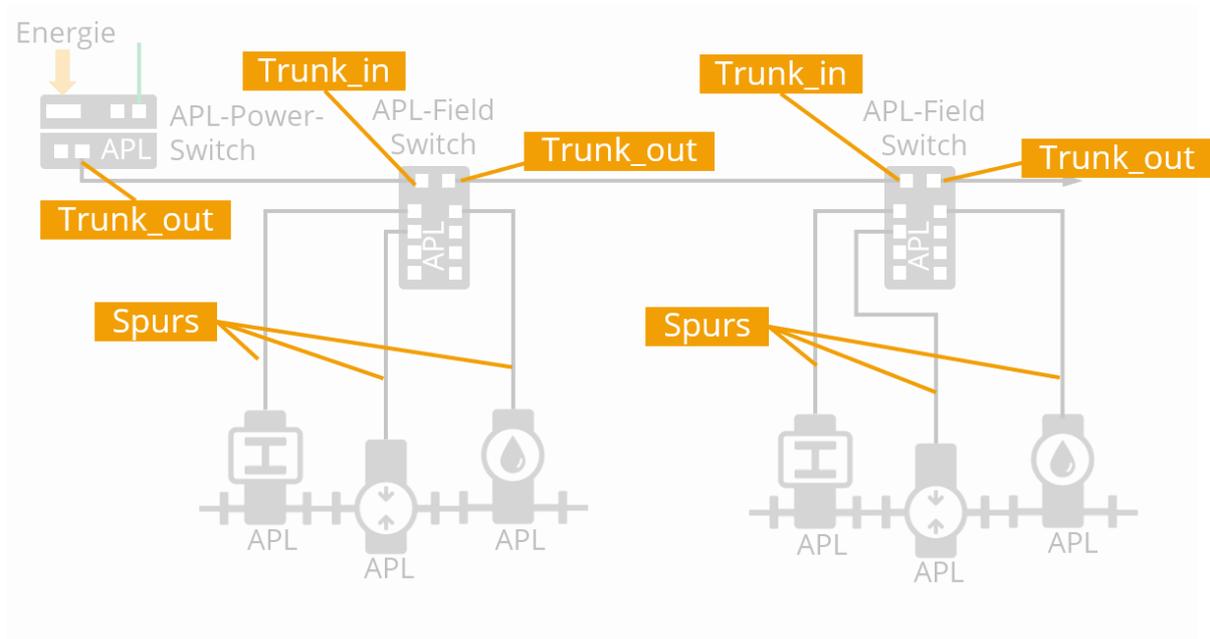


Abbildung 4-9: Struktur des APL-Netzwerks mit Trunk und Spurs

In Abbildung 4-9 ist der APL-Power-Switch über einen Trunk_out-Port mit dem Trunk verbunden. Das APL-Signal wird dann an den Trunk_in-Eingang ersten Field-Switches in der Linie und dann an die folgenden APL-Field-Switches weitergeleitet. Die APL-Feldgeräte haben Spur-Ports, die mit die Spur-Ports des APL-Field-Switches angeschlossen sind. Für die Zusammenschaltung der Ports gelten die folgenden Regeln:

- Ein Trunk_in-Port darf nur mit einem Trunk_out-Port verbunden werden.
- Ein Spur-Port eines APL-Feldgerätes darf nur mit einem Spur-Port eines APL-Field-Switches verbunden werden.
- Es darf nur ein APL-Feldgerät an eine Spur-Leitung angeschlossen werden.

Falls Topologien verwendet werden, die das Automatisierungsnetzwerk direkt mit den APL-Field-Switch verbinden (siehe Abschnitt 4.2.1), gelten nur die Regeln für die Spur-Ports.

4.3.3 Leistungsklassen

Die Leistungsklasse beschreibt die Leistung, die ein Source-Port treiben kann oder ein Load-Port abnimmt. Tabelle 4-5 zeigt die APL-Leistungsklassen und zulässige Kombinationen.

Tabelle 4-5: Leistungsklassen und zulässige Kombinationen

Leistungsklasse des Source-Ports	Maximale Spannung, minimale Ausgangsleistung	Erlaubte Segmentklasse	Zulässige Leistungsklassen der Load-Ports
A	15 V DC / 0,54 W	S (Spur)	A
C	15 V DC / 1,1 W	S (Spur)	A, C
3	50 V DC / 57,5 W	T (Trunk)	3
4 ¹	50 V DC / 92 W	T (Trunk)	3, 4

Die zulässigen Kombinationen von Ports auf einem Trunk oder einem Spur können durch Überprüfung der Leistungsklasse des Source-Ports und anschließend durch Identifizierung der passenden zulässigen Leistungsklasse des Load-Ports ausgewählt werden.



Andere Kombinationen von Klassen als in Tabelle 4-5 angegeben sind verboten. Die zulässigen Kombinationen von Anschlussklassen bedeuten nicht, dass jede Kombination auch aus Sicht der Eigensicherheit zulässig ist. Dies muss separat nach dem 2-WISE-Konzept geprüft werden, welches in Kapitel 4.5 vorgestellt wird. Ein Lastanschluss kann für mehr als eine Lastleistungsklasse spezifiziert sein.

Die Leistungsklassen A und C sind in erster Linie für eigensicher bemessene Spurs für Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre vorgesehen, können aber auch für nicht eigensicher bemessene Anschlüsse verwendet werden. Eine detaillierte Beschreibung der Leistungsklassen, einschließlich der elektrischen Kennwerte, finden Sie in [APS2021].

4.3.4 Inline-Anschlüsse und Auxiliary-Devices

Bisher wurden in diesem Dokument hauptsächlich die APL-Power-Switches, APL-Field-Switches und APL-Feldgeräte behandelt. Nun sollen zwei weitere Gerätetypen behandelt werden: Das APL-Auxiliary-Device und der APL-Inline-Anschluss. Wie bereits in Kapitel 4.1.3 erwähnt, kann ein Auxiliary-Device z.B. ein Überspannungsschutz sein. Die APL-Inline-Verbindung ist z. B. eine Abzweigdose oder ein Kabel-zu-Kabel-Verbinder, mit dem zwei Kabelsegmente miteinander verbunden werden. Dies ermöglicht das Verbinden und Trennen von Geräten, z. B. zu Wartungszwecken. Da beide Komponenten dem Netzwerksegment Reflexionen und Einfügungsdämpfung hinzufügen, muss ihre Anzahl gemäß Tabelle 4-6 begrenzt werden.

¹ Noch nicht in [APS2021] spezifiziert. Vorbehaltlich der zukünftigen Entwicklung



Inline-Verbindungen und Auxiliary Devices sind optionale Komponenten.

Tabelle 4-6: Maximale Anzahl von Auxiliary-Devices und Inline-Verbindungen pro Segment

Segment-Klasse	Unterstützte Kabellänge	Maximale Anzahl von Auxiliary-Devices	Maximale Anzahl von Inline-Verbindungen (Auxiliary Devices + Kabelverbinder)
S Spur	≤ 200 m	2	4
T Trunk	≤ 1 000 m pro Segment.	2	10

Tabelle 4-6 listet die maximal zulässige Anzahl von Auxiliary Devices pro Segment und die maximale Anzahl von Inline-Verbindungen pro Segment auf. Ein Auxiliary-Device zählt als eine Inline-Verbindung. Wenn Auxiliary Devices parallel zu einem APL-Segment angeschlossen werden, dann darf die Verbindung zwischen dem Trunk und dem Auxiliary-Device als Stichleitung mit einer Länge von maximal 10 cm ausgeführt sein.

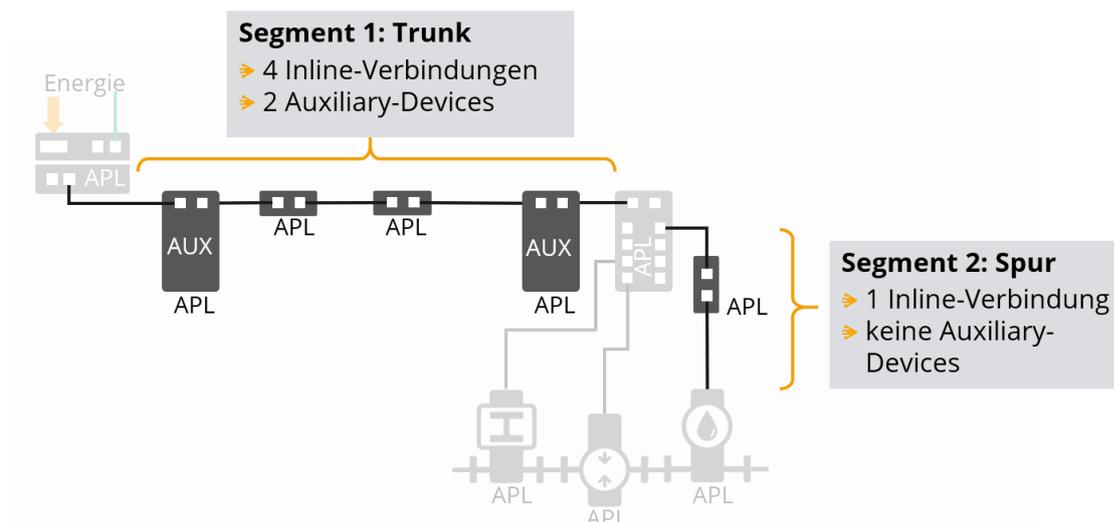


Abbildung 4-10: APL-Beispielsystem mit Auxiliary-Devices und Inline-Verbindungen

Abbildung 4-10 zeigt ein Beispiel für ein Netzwerk mit Auxiliary-Devices und Inline-Verbindungen. Es ist zu erkennen, dass das Beispiel die in Tabelle 4-6 definierten Anforderungen erfüllt.



Prüfen Sie bei der Projektierung alle Segmente, ob sie die maximale Anzahl der Auxiliary Devices und die maximale Anzahl der Einschübe gemäß Tabelle 4-6 einhalten



Lesen Sie die Dokumentation des Zusatzgeräts für weitere Informationen.

4.4 Beispiel APL-Anwendung in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre

Dieses Kapitel führt den Leser durch den Planungsprozess eines APL-Systems in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre. Leser, die sich für die Planung von Netzwerken für Bereiche mit explosionsfähiger Atmosphäre interessieren, werden gebeten, direkt mit Abschnitt 4.5 fortzufahren.

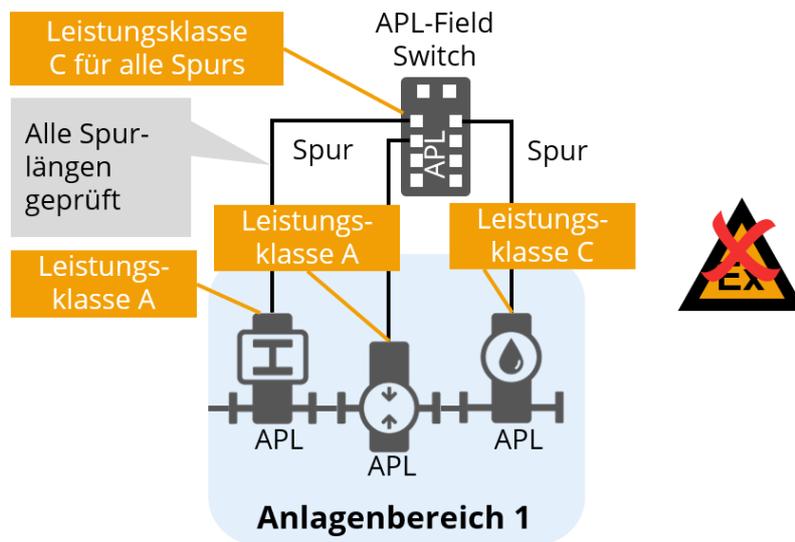


Abbildung 4-11: Beispielanwendung Nicht-Ex

Abbildung 4-11 zeigt unsere Beispielanwendung. Es wird davon ausgegangen, dass die Feldgeräte auf der Grundlage der benötigten Funktionalität ausgewählt wurden und dass die Auswahl Grundlage für den nachfolgenden Planungsprozess des APL-Netzwerks ist. Auch der physikalische Standort der Geräte ist ein Input für den Planungsprozess, wie bereits in Kapitel 4.2 beschrieben. Im ersten Durchlauf werden die Spuren berücksichtigt. Während des Planungsprozesses sollten die folgenden Schritte ausgeführt werden:

Schritt 1: Prüfen Sie die maximale Kabellänge für alle Stichleitungen gemäß Tabelle 4-3.

Schritt 2: Prüfen Sie, ob die APL-Feldgeräte nur an die Spur-Ports der APL-Field-Switch angeschlossen sind.

Schritt 3: Stellen Sie sicher, dass Tunk_in-Ports nur mit Trunk_out-Ports verbunden sind.

Schritt 4: Prüfen Sie, ob der Field-Switch zum Leistungsbedarf angeschlossenen APL-Feldgeräte gemäß Tabelle 4-5 passt. Das Beispiel in Abbildung 4-11 zeigt, dass die Quellenleistungsklasse C des Field-Switch mit Lastleistungsklassen A oder C der Feldgeräte kombiniert werden kann.

Falls ein Feld-Switch direkt mit dem Automatisierungsnetzwerk verbunden ist (siehe Kapitel 4.2.1), müssen nur die maximal zulässigen Kabellängen eingehalten werden. Der Leser kann dann mit Kapitel 4.6 fortfahren.



Andere Netzwerkstrukturen (Field-Switches mit direktem Anschluss an das Automatisierungnetzwerk) sind möglich. In diesem Fall müssen nur die Leistungsbetrachtungen für die Spurs vorgenommen werden.

Falls ein gespeister APL-Trunk verwendet wird (siehe Kapitel 4.2.2), sollten folgende zusätzliche Planungsschritte durchgeführt werden.

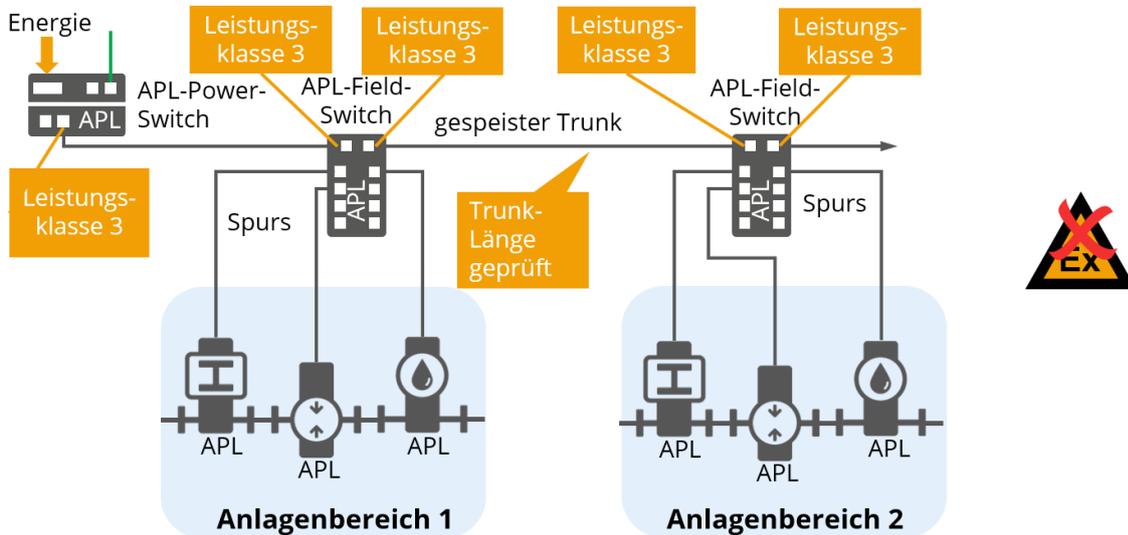


Abbildung 4-12: Systemaufbau mit gespeistem Trunk

Abbildung 4-12 zeigt den Status der Netzwerkplanung.

Schritt 4: Prüfen Sie die Kabellänge des Trunks gemäß Tabelle 4-3.



Die max. zulässige Kabellänge ist abhängig von der Kabelkategorie, dem Aderquerschnitt und den Lastbedingungen an den Field-Switch-Spurs. Daher muss der Spannungsabfall auf der Trunk gemäß dem Anhang in Abschnitt 10.2 geprüft werden.

Schritt 5: Überprüfen Sie die Übereinstimmung der Leistungsklassen für den Trunk_out-Port des Power-Switchs und den Trunk_in-Ports der Field-Switches gemäß Tabelle 4-5. Im Beispiel in Abbildung 4-12 haben der Power-Switch und die beiden Field-Switches übereinstimmende Leistungsklassen. Andere Kombinationen gemäß Tabelle 4-5 sind möglich.

4.5 Netzwerktopologie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre

Dieses Kapitel befasst sich mit der Netzwerktopologie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre. Die Kapitel 4.5.1 und 4.5.2 geben allgemeine Informationen. Ex-Konzepte nach IEC/ATEX beginnen ab Kapitel 4.5.3, Ex-Konzepte auf Basis der NEC 500 ab Kapitel 4.5.5.

Die folgenden Sicherheitshinweise müssen bei der Planung von Installationen in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre beachtet werden.



Elektrische Geräte müssen möglicherweise zertifiziert sein, wenn sie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt werden. Wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Ex-Spezialisten oder Lieferanten.



Die Festlegung von Ex-Zonen und die Planung von elektrischen Betriebsmitteln in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre darf nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Es gelten die örtlichen Vorschriften.



Dieses Kapitel erläutert nur spezielle Planungsaspekte für APL. Es zeigt nicht den vollen Umfang der Planung für Ex-Anlagen.

4.5.1 APL Schutzklassen Eigensicherheit (Ex i)

Das APL-Eigensicherheitskonzept 2-WIRE [IEC TS 60079-47] (2-Wire Intrinsically Safe Ethernet) basiert auf den in den Ex-Normen [IEC 60079-11], [IEC 60079-14] und [IEC 60079-25] festgelegten Prinzipien. Um den Prüfprozess für die Eigensicherheitsparameter von APL-Geräten und Leitungen innerhalb von APL-Segmenten zu vereinfachen, wurde in [IEC TS 60070-47] ein neues eigensicheres Systemkonzept standardisiert. Es definiert universelle Eigensicherheits-Parameter-Grenzwerte für Geräte, die in APL-Stromkreisen verwendet werden.

4.5.2 Nachweis der Eigensicherheit für APL-Spurs (2-WISE-Ansatz)

Eine eigensicher gespeister 2- WISE-Spur darf aus

- einer eigensicheren Energiequelle, die durch einen Field-Switch bereitgestellt wird,
- einem eigensicheren Lastanschluss, der durch ein Feldgerät bereitgestellt wird, und
- maximal zwei Auxiliary-Devices

bestehen (siehe Abbildung 4-13). Alle verwendeten Geräte müssen gemäß 2 -WISE zertifiziert sein. Die zur Verbindung von Field-Switch, Feldgerät und Auxiliary-Device verwendete Spur-Leitung darf bis zu 200 m lang sein und muss der folgenden Spezifikation entsprechen:

- Widerstandsbelag R_c : 15 Ω /km ... 150 Ω /km
- Induktivitätsbelag L_c : 0,4 mH/km ... 1 mH/km
- Kapazitätsbelag C_c : 45 nF/km ... 200 nF/km



Eine APL-Spur kann auch Verbindungseinrichtungen wie Anschlussklemmen und Steckverbinder enthalten. Die Verbindungseinrichtungen sind als einfache Betriebsmittel nach [IEC 60079- 11] spezifiziert und müssen bei der Prüfung der Eigensicherheit nicht berücksichtigt werden. Es gelten die Installations- und Dokumentationsanforderungen aus [IEC 60079-14]. Hinweis: Die [IEC 60079-25] enthält ein Beispiel für ein beschreibendes Systemdokument. Einen Dokumentationsvorschlag finden Sie im Anhang in Kapitel 10.4.

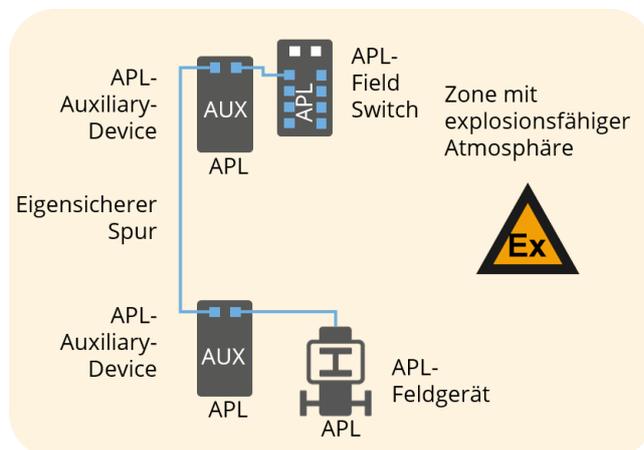


Abbildung 4-13: Vom 2-WISE-Ansatz definierte Konfiguration

Es gelten die folgenden Regeln:



Ein mit Energie versorgter 2-WISE-Spur gilt als eigensicher, wenn ein 2-WISE-Source-Port, ein 2-WISE-Load-Port und bis zu zwei 2-WISE-Auxiliary-Devices über ein Kabel mit einer maximalen Länge von 200 m verbunden sind. Das Kabel muss der oben genannten Spezifikation entsprechen. Die Explosionsschutzklasse des Systems wird durch den 2-WISE-Port mit der geringsten Explosionsschutzklasse bestimmt. Die 2-WISE-Geräte werden mit "2-WISE" und der entsprechenden Explosionsschutzklasse gekennzeichnet.



In [IEC TS 60079- 47] wird ein beschreibendes Systemdokument für jedes 2-WISE-Segment gefordert, das die folgenden Informationen enthält:

- Die Explosionsschutzklasse (z. B. Ex ia oder Ex ic) wird durch den 2-WISE-Port mit der geringsten Explosionsschutzklasse bestimmt. Beispiel: Wenn der Field-Switch-Port die Spezifikation Ex ic und das Feldgerät die Spezifikation Ex ia hat, resultiert das Schutzniveau Ex ic.
- Die Gerätegruppe (z.B. IIC) wird von dem 2-WISE-Gerät mit der geringwertigen Gerätegruppe bestimmt.
- Die Temperaturklasse (z. B. T3, T4) eines jeden 2-WISE-Geräts.
- Die sicherheitstechnischen Parameter (Entity-Parameter) der verwendeten Leitung.

In [IEC 60079- 25] finden Sie ein Beispiel für ein beschreibendes Systemdokument. Einen Dokumentationsvorschlag finden Sie im Anhang in Kapitel 10.4.

4.5.3 Beispiel für die Spur-Topologie in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre nach IEC, ATEX oder NEC 505

Abbildung 4-14 zeigt ein Beispiel für eine Stichleitungstopologie mit in Zone 2 installierten Field-Switches.

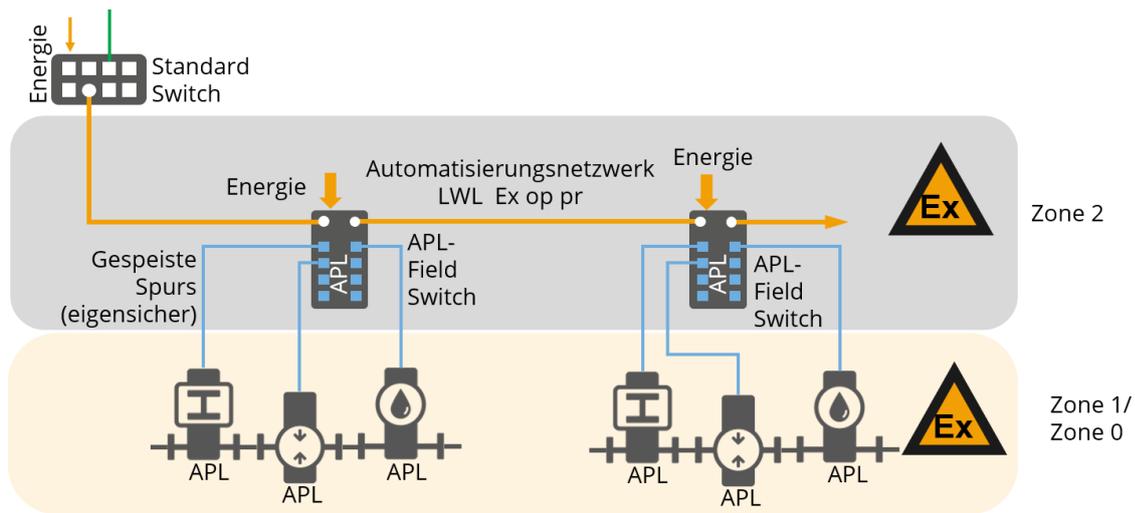


Abbildung 4-14: Spur-Topologie mit in Zone 2 installierten Field-Switches

Die Feld-Switches sind direkt mit dem Industrial-Ethernet-Automatisierungsnetzwerk verbunden. Ein APL-Trunk wird nicht verwendet. Die Feld-Switches befinden sich in Zone 2. Eigensichere Spurs verbinden die APL-Feld-Switches mit den Feldgeräten, die sich in Zone 1 / Zone 0 befinden.

Die Topologie hat die folgenden Eigenschaften:

- Die APL-Field-Switches werden separat mit Energie versorgt und die APL-Feldgeräte werden über die Field-Switch-Spurs mit Energie versorgt.
- Das Ethernet Automatisierungsnetzwerk (orange Linie) ist mindestens in die erhöhte Sicherheit Ex op pr gemäß [IEC 60079-28] für Zone 2 eingestuft. In diesem Fall als LWL-Medium dargestellt.
- Die Spurs sind eigensicher klassifiziert, Ex ia für Zone 1 / Zone 0.



Die Geräte müssen für den Einsatz in dem vorgesehenen explosionsgefährdeten Bereich zertifiziert sein. Ex-Bescheinigungen / Herstellererklärungen müssen vorhanden sein und bei der Planung überprüft werden. Die Gefahrenanalyse für den explosionsgefährdeten Bereich muss während des Planungsprozesses gemäß den örtlichen Vorschriften durchgeführt und dokumentiert werden.

4.5.4 Trunk-Topologie Beispiel für APL-Anwendungen in Zonen mit explosionsfähiger Atmosphäre nach IEC, ATEX, NEC 505

Abbildung 4-15 zeigt ein Beispiel für eine Topologie mit gespeistem Trunk und mit in Zone 1 installierten Field-Switches.

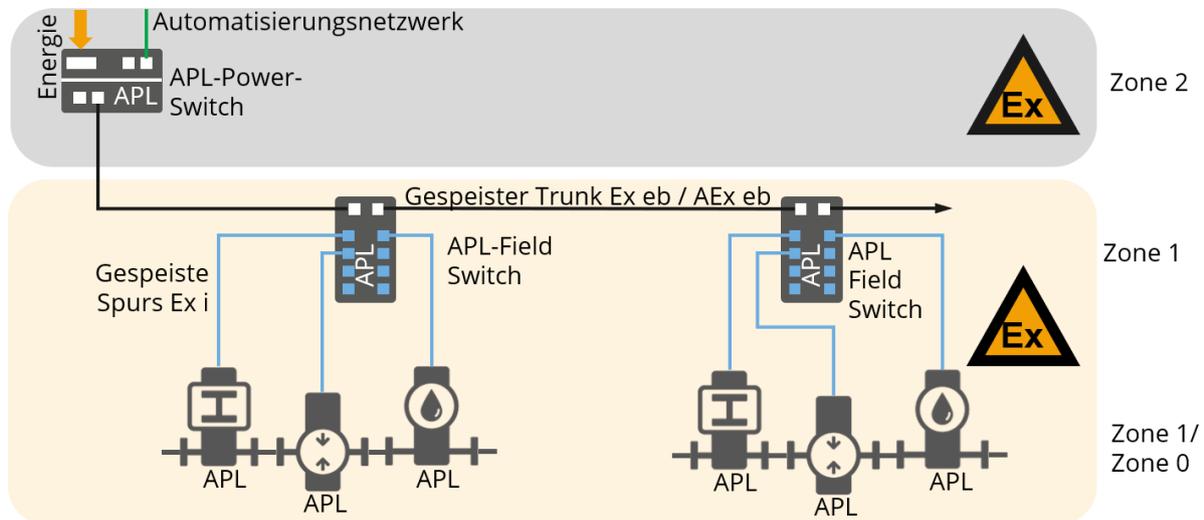


Abbildung 4-15: Ex-Zonen für gespeisten Trunk

Die Topologie hat die folgenden Eigenschaften:

- Die APL-Field-Switch und die APL-Feldgeräte werden über den Trunk versorgt.
- Der Trunk ist mit erhöhter Sicherheit Ex eb / AEx eb für Zone 1 klassifiziert.
- Die Spurs sind als eigensicher Ex ia für Zone 1/ Zone 0 klassifiziert.
- Längenbegrenzungen / Spannungsabfall auf dem gespeisten Trunk sind zu beachten.



Die Geräte müssen für den Einsatz in dem vorgesehenen explosionsgefährdeten Bereich zertifiziert sein. Ex-Bescheinigungen / Herstellererklärungen müssen vorhanden sein und bei der Planung überprüft werden. Die Gefahrenanalyse für den explosionsgefährdeten Bereich muss während des Planungsprozesses gemäß den örtlichen Vorschriften durchgeführt und dokumentiert werden.

4.5.5 Beispiel für eine Spur-Topologie für Einsatz in einer explosionsfähigen Atmosphäre nach NEC 500

Abbildung 4-16 zeigt ein Beispiel für eine Spur-Topologie mit in Class I, Div. 2 installierten Field-Switches.

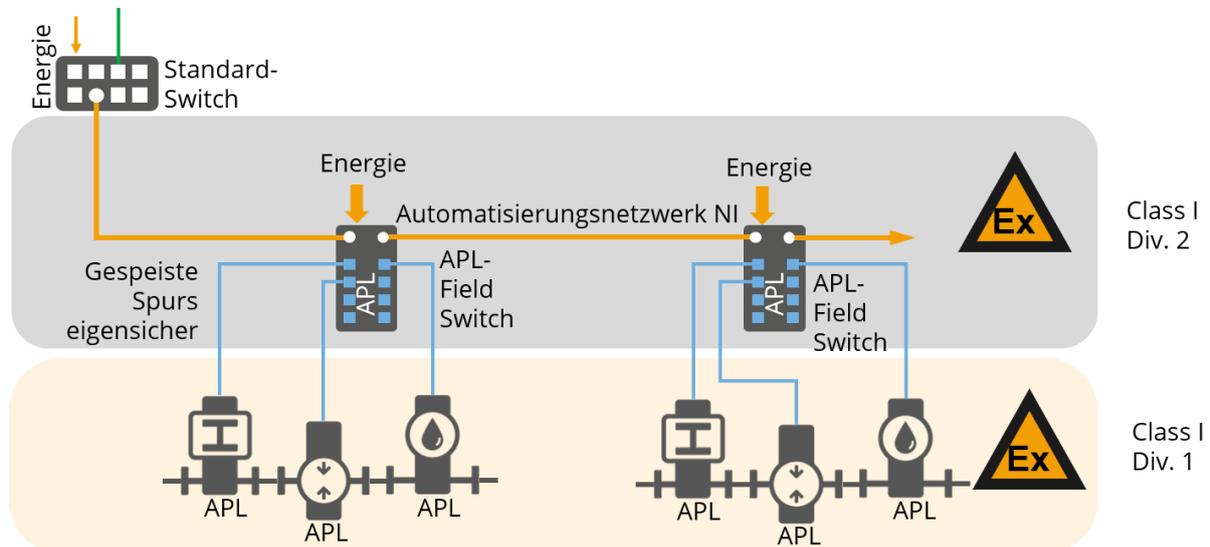


Abbildung 4-16: Spur-Topologie mit in Class I, Div. 2 installierten Field-Switches

Die Feld-Switches sind direkt mit dem Industrial-Ethernet-Automatisierungsnetzwerk verbunden. Ein APL-Trunk wird nicht verwendet. Die Feld-Switches befinden sich in Class I, Div. 2. Eigensichere (I.S.) Sticheleitungen verbinden die APL-Feld-Switches mit den Feldgeräten, die sich in Class I, Div. 1 befinden.

Die Topologie hat die folgenden Eigenschaften:

- Die APL-Field-Switches werden separat versorgt und die APL-Feldgeräte werden über die Field-Switch-Spurs versorgt.
- Die APL-Field-Switches befinden sich in Class I, Div. 2.
- Das Automatisierungsnetzwerk ist für Class 1, Div. 2 klassifiziert.
- Die Spurs sind als eigensicher für den Einsatz in Class 1, Div. 1 klassifiziert.



Die Geräte müssen für den Einsatz in dem vorgesehenen explosionsgefährdeten Bereich zertifiziert sein. Ex-Bescheinigungen / Herstellererklärungen müssen vorhanden sein und bei der Planung überprüft werden. Die Gefahrenanalyse für den explosionsgefährdeten Bereich muss während des Planungsprozesses gemäß den örtlichen Vorschriften durchgeführt und dokumentiert werden.

4.5.6 Beispiel einer Trunk-Topologie für Einsatz in einer explosionsfähigen Atmosphäre nach NEC 500

Abbildung 4-17 zeigt ein Beispiel für eine gespeiste Trunk-Topologie mit Field-Switches, die in Class I, Div. 2 installiert sind.

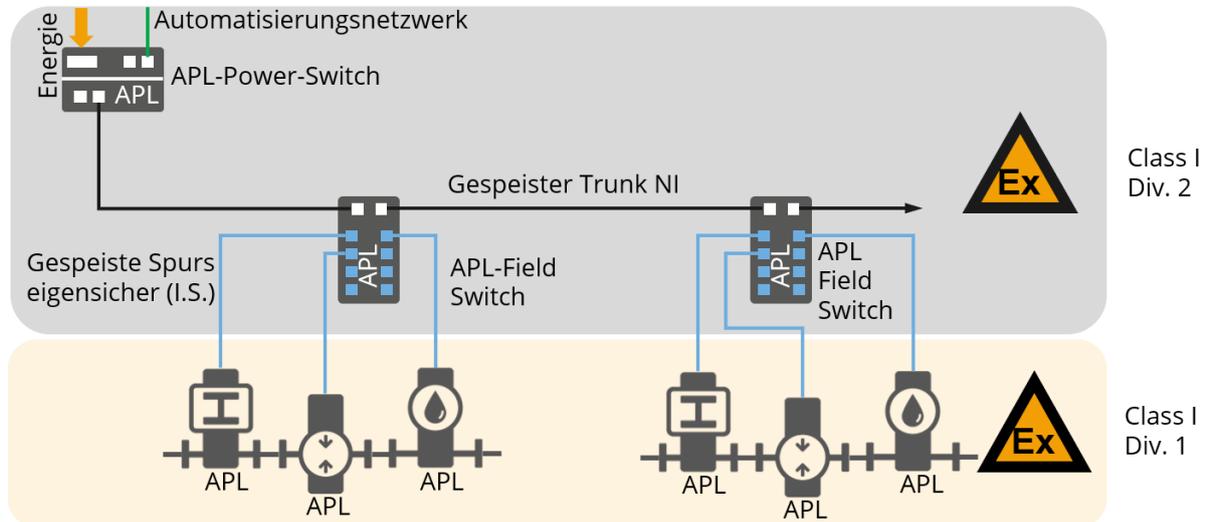


Abbildung 4-17: Classes und Divisions für gespeisten Trunk

Die Topologie hat die folgenden Eigenschaften:

- Die APL-Field-Switch und die APL-Feldgeräte werden über den Trunk versorgt.
- Der Power-Switch des APL und die Field-Switch des APL befinden sich in Class I, Div. 2.
- Der Trunk ist als non incendive (NI) eingestuft.
- Die Spurs sind als eigensichere für Einsatz in Class I, Div. 1 klassifiziert.
- Längenbegrenzungen / Spannungsabfall auf dem gespeisten Trunk sind zu beachten.



Die Geräte müssen für den Einsatz in dem vorgesehenen explosionsgefährdeten Bereich zertifiziert sein. Ex-Bescheinigungen / Herstellererklärungen müssen vorhanden sein und bei der Planung überprüft werden. Die Gefahrenanalyse für den explosionsgefährdeten Bereich muss während des Planungsprozesses entsprechend der nationalen Gesetzgebung durchgeführt und dokumentiert werden.

4.6 Reserve-Ports und Leistungsbudgetreserven

Bei der Planung sollten Reserve-Ports für zukünftige Erweiterungen berücksichtigt werden. Daher sollten die APL-Power- und Field-Switches mit Reserve-Ports geplant werden. Zusätzlich sollte eine Leistungsbudget-Reserve für die APL-Power-Switches berücksichtigt werden.

4.7 Zugangspunkt für Netzwerk-Diagnosetools

Zur Fehlersuche und Netzwerküberwachung ist es manchmal notwendig, den Netzwerkverkehr über ein Monitoring-Tool zu überwachen. Um Zugriff auf den Datenverkehr zu erhalten, ist es hilfreich, einen Switch mit einem Mirror-Port zu verwenden, wie in Abbildung 4-18 gezeigt.

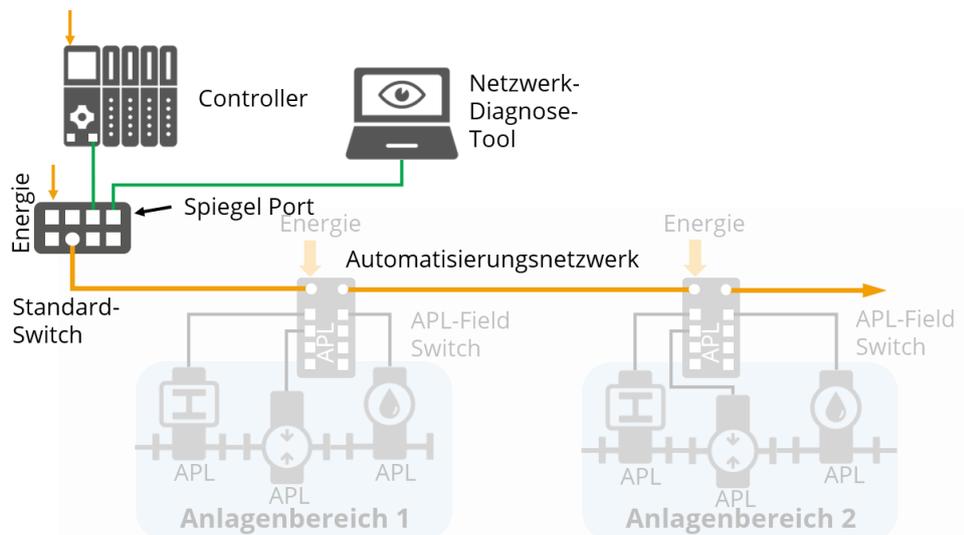


Abbildung 4-18: Netzwerk-Diagnose über Mirror-Port

Ein Switch mit einem Spiegel-Port (engl. Mirror Port) ist in der Lage, den Datenstrom, der durch einen Port des Switches läuft, auf den Spiegel-Port zu kopieren. In diesem Fall kann das Netzwerk-Diagnosetool den gesamten Verkehr, der von den APL-Feldgeräten kommt und zum Controller läuft, mitlesen. Dabei ist zu beachten, dass das Datenvolumen des überwachten Verkehrs unterhalb der maximalen Datenrate des Mirror-Ports bleibt.

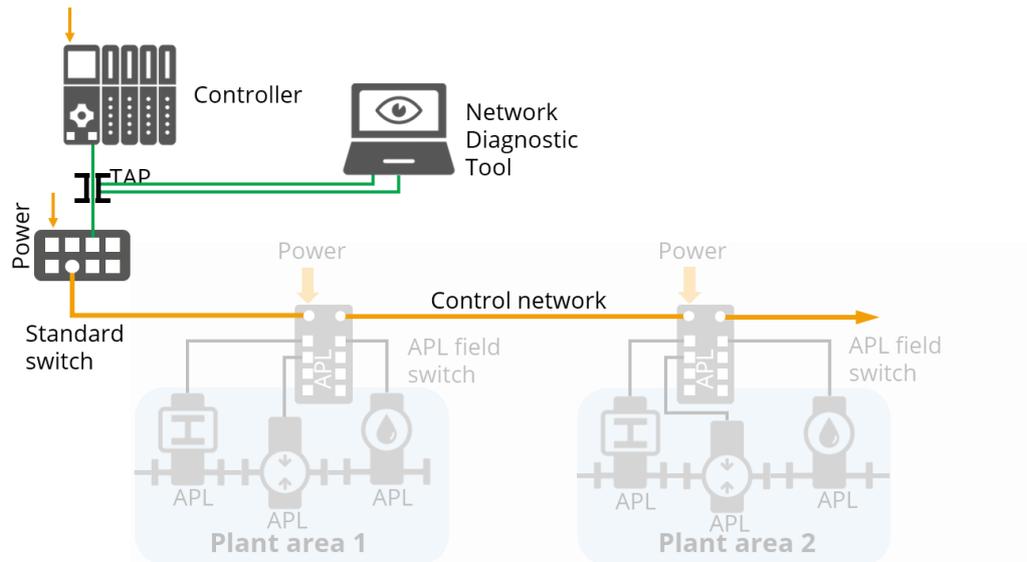


Abbildung 4-19. Netzwerkdiagnose über TAP

Eine Alternative zum Switch mit Spiegel-Port ist die Verwendung eines Test Access Ports (TAP). Ein TAP wird, wie in Abbildung 4-19 dargestellt, in eine Verbindung eingeschleift, z. B. zwischen dem Controller und dem ersten Switch. Mit Hilfe dieses TAPs kann der gesamte Verkehr zwischen dem Controller und den darunter liegenden APL-Feld-Switches und den APL-Feldgeräten überwacht werden. Der TAP ist in der Lage, eine Vollduplex-Verbindung in Echtzeit zu überwachen, ohne die Einschränkungen eines Mirror-Ports.

Neben der beschriebenen Netzwerküberwachung ist es auch möglich, über das Industrial-Ethernet-Protokoll Diagnoseinformationen aus den APL-Feld-Switches und den APL-Feldgeräten auszulesen.

4.8 Abschätzung der Netzwerkauslastung

Nach der anfänglichen Planung des Netzwerks sollte eine grobe Abschätzung der Netzwerkauslastung vorgenommen werden, um die Echtzeitfähigkeit des APL-Netzwerks sicherzustellen. Es kann **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Abbildung 4-8 entnommen werden, dass der Datenverkehr der APL-Feldgeräte auf dem Trunk zusammenläuft. Daher ist eine Betrachtung der Netzwerkauslastung auf dem Trunk in der Nähe des APL-Power-Switches sinnvoll. Die Netzwerkauslastung kann unter Nutzung des in Abschnitt 4.8.1 dargestellten Diagramms ermittelt werden. Der folgende Abschnitt 4.8.1 gibt eine Empfehlung für eine maximale Netzwerkauslastung für das APL-Netzwerk. Eine Beschreibung des Berechnungsschemas finden Sie im Anhang in Abschnitt 10.1.

4.8.1 Abschätzung der Netzwerkauslastung

APL verwendet Ethernet-Datenframes zur Kommunikation der Messwerte. Die minimale Nutzlast eines Ethernet-Datenframes beträgt 46 Byte. Kleinere Nutzdaten werden aufgefüllt, um die minimale Nutzdatengröße zu erreichen.

Die folgende Abschätzung geht davon aus, dass die Messwerte eines typischen APL-Geräts in den minimalen Datenrahmen passen, auch wenn multivariable Sensoren verwendet werden. Daher wird für die folgenden Berechnungen ein Datenrahmen von 46 Byte Nutzlast angenommen. Weiterhin wird angenommen dass das Datenaufkommen der Feldgeräte gleichmäßig über der Zeit verteilt ist. Unter dieser Annahme lassen sich die in Abbildung 4-20 gezeigten Werte für die Netzwerkauslastung aus der Anzahl der Geräte und der Netzwerkaktualisierungsrate der Geräte für bis zu 50 Geräte ableiten. Zusätzlich sind in Abbildung 4-21 die Werte für bis zu 250 Geräte dargestellt. Für Berechnungsdetails oder gemischte Installationen mit unterschiedlichen Zykluszeiten siehe Anhang 10.1.

Beispiel: Es wird angenommen, dass ein betrachtetes APL-Subnetz mit einer Aktualisierungsrate von 50 ms läuft und dass 20 Sensoren an das Netzwerk angeschlossen sind. In diesem Fall wählen wir 20 Geräte auf der x-Achse von Abbildung 4-20. Die blaue Kurve (50 ms) muss in diesem Fall ausgewählt werden. Siehe blaue Pfeile in Abbildung 4-20. Die Netzwerkauslastung kann nun anhand der y-Achse abgeschätzt werden. Der Wert liegt bei 2,8 %. Dies ist die gesamte Netzwerklast der Sensoren, die Daten an den Controller bzw. den Power-Switch übermitteln (eingehender Verkehr). Da APL eine Vollduplex-Kommunikation unterstützt, ist gleichzeitig ein Datenverkehr vom Controller zu den Aktoren (ausgehender Verkehr) möglich. Das Berechnungsprinzip ist das gleiche.

Es ist zu erkennen, dass die Netzwerklast nur dann ein Thema wird, wenn hohe Aktualisierungsrate verwendet werden. Typische Zykluszeiten in der Prozessindustrie (100 ms ... 1 s), verursachen auch bei einer größeren Anzahl von Sensoren in einem Netzwerk keine nennenswerte Netzwerklast. Ein Beispiel: 150 Geräte mit einer Zykluszeit von 1 s verursachen eine Netzwerklast von 1,1 %. Damit bleibt genügend Bandbreite für die azyklische Datenübertragung für Konfiguration, Diagnose und Asset Management.

Auch wenn typische Zykluszeiten in der Prozessindustrie nur geringe Lasten verursachen, sollten die maximal empfohlenen Lasten berücksichtigt werden, um während der Lebensdauer des Kommunikationssystems genügend Reserven für zukünftige Erweiterungen zu haben. Der folgende Abschnitt 4.8.2 diesem Thema befassen.

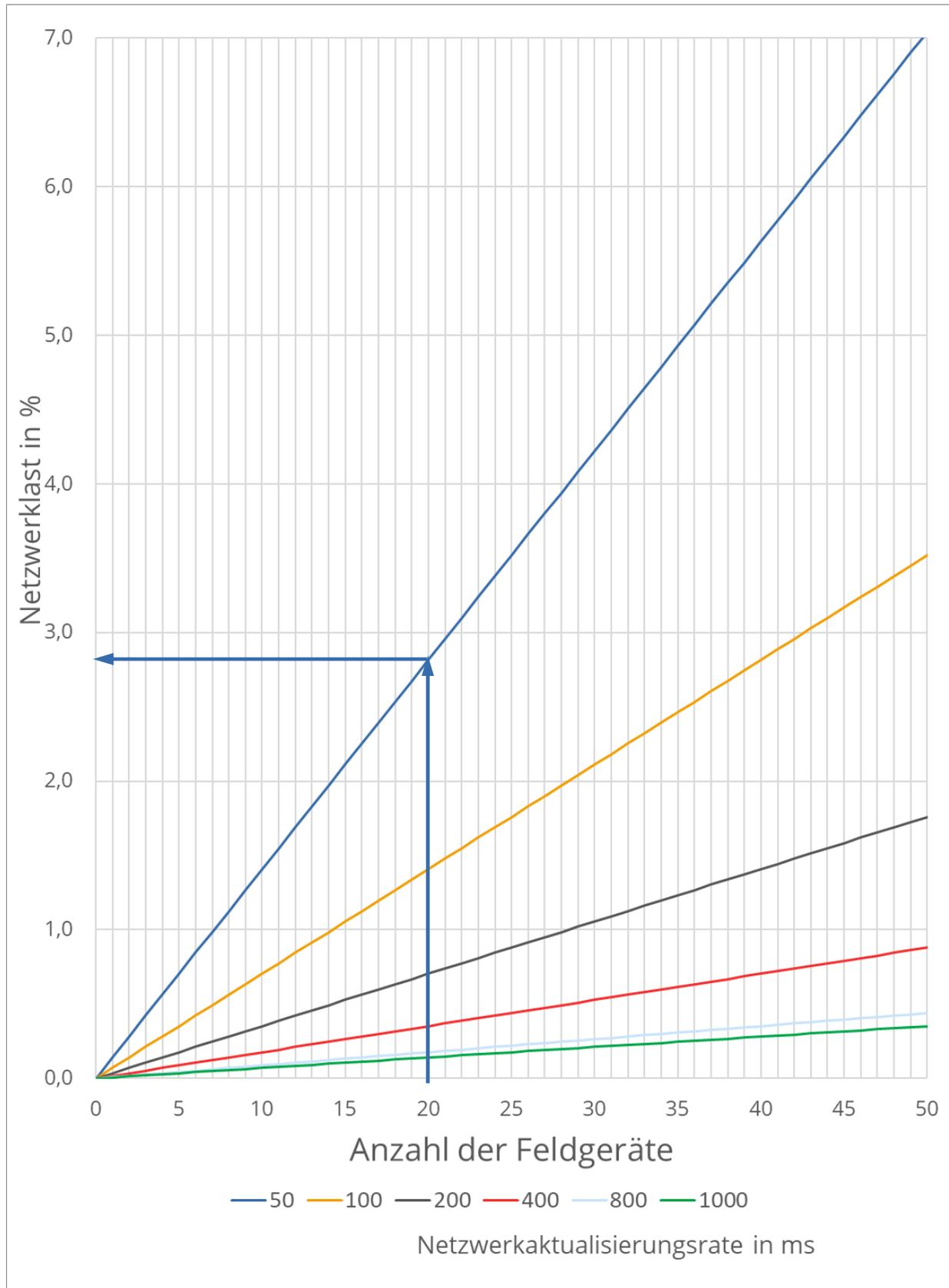


Abbildung 4-20: Netzwerklastabschätzung bis zu 50 Geräte für 10 Mbit/s Ethernet-APL

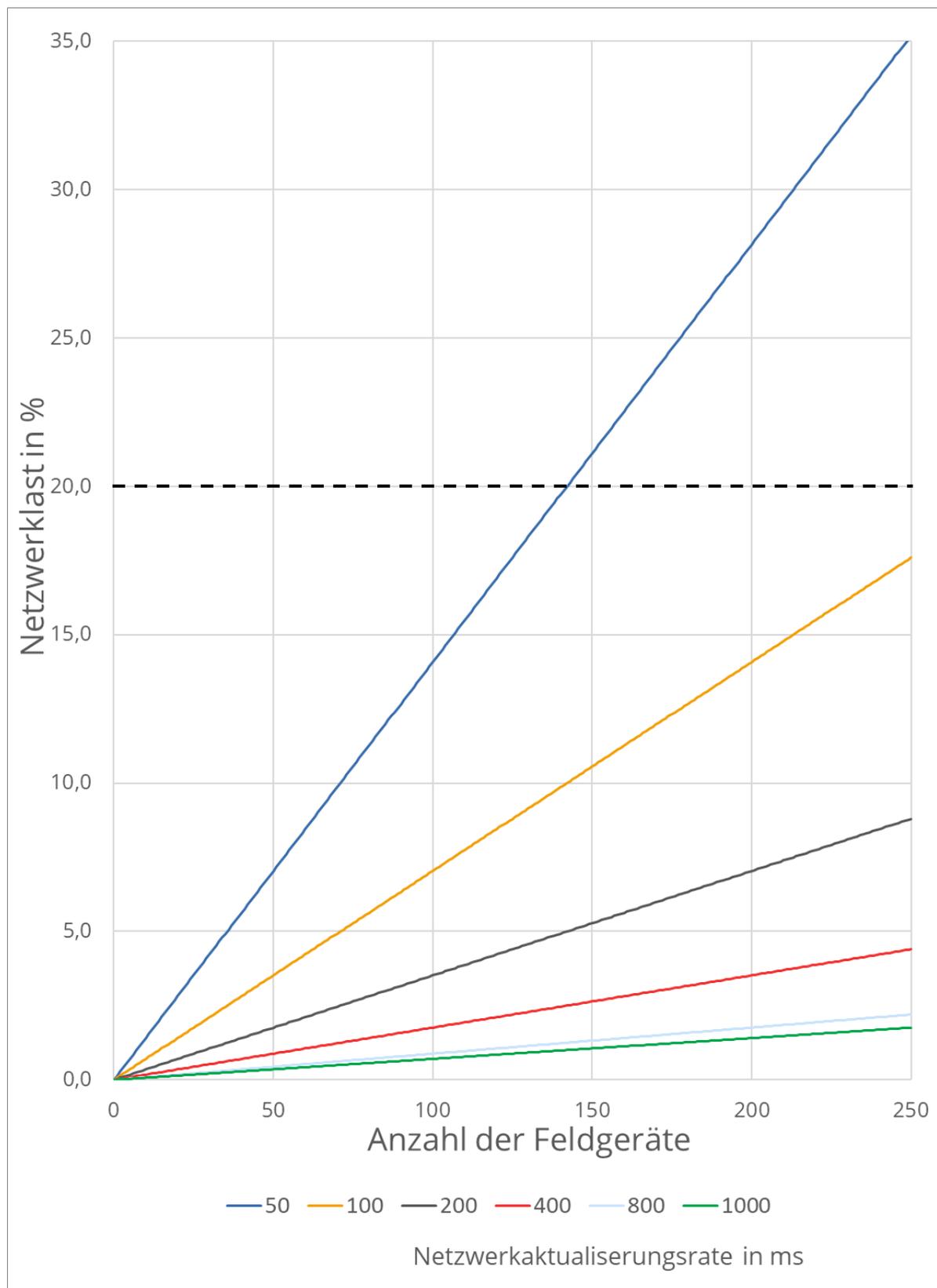


Abbildung 4-21: Netzwerklastabschätzung bis zu 250 Geräte für 10 Mbit/s Ethernet-APL

4.8.2 Empfehlungen zur Netzwerklast

Wie im vorherigen Kapitel gezeigt, ist die Netzwerklast abhängig von der Anzahl der Feldgeräte und deren Aktualisierungsrate. Die Summe des Datenverkehrs aller Geräte ergibt die gesamte Netzwerklast für ein APL-Segment. Tabelle 4-7 gibt eine Empfehlung für den zyklischen Datenverkehr.

Tabelle 4-7: Netzwerklast-Empfehlungen für zyklischen Datenverkehr auf einem APL-Segment

Netzwerklast	Empfehlung
< 20 %:	Keine Aktion erforderlich.
20 ... 50 %:	Überprüfung der Netzwerklast empfohlen.
> 50 %:	Ergreifen Sie geeignete Maßnahmen, um die Netzwerklast zu reduzieren.

Die Zahlen wurden unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte definiert.

- ➔ Nur zyklischer Datenverkehr wird berücksichtigt
- ➔ Die verbleibende Bandbreite lässt genügend Reserven für den azyklischen Datenverkehr und den Verkehr für das Netzwerkmanagement übrig.
- ➔ Die Angaben gelten für ein neu geplantes / in Betrieb genommenes Segment. Die Zahlen beinhalten eine Reserve für zukünftige Erweiterungen während des Lebenszyklus des Kommunikationssystems.

Es ist zu beachten, dass die Last auf dem Trunk-Segment betrachtet werden sollte, welches dem Controller am nächsten ist. Hier addiert sich der Verkehr der am Trunk angeschlossenen Geräte. Falls das Industrial Ethernet wie in Abbildung 4-7 zu den Feld-Switches läuft, ist die Lastfrage aufgrund der höheren Datenrate des Industrial Ethernet (100 Mbit/s) im Vergleich zur Datenrate auf dem APL-Trunk (10 Mbit/s) meist unkritisch.

Auch wenn der zyklische Verkehr nur eine geringe Netzwerklast verursacht, kann es in manchen Fällen notwendig sein, die Netzwerklast zu reduzieren, z. B. wenn zusätzliche Sensoren hinzugefügt werden sollen. Dies kann durch zwei Maßnahmen erreicht werden. Erstens: Erhöhen Sie die Zykluszeit. Eine Verdoppelung der Zykluszeit reduziert die jeweilige Netzwerklast um 50%. Wenn diese erste Möglichkeit nicht anwendbar ist, wäre eine zweite Möglichkeit, die Anzahl der an ein Segment angeschlossenen Feldgeräte zu reduzieren, indem zwei unabhängige Segmente anstelle von einem verwendet werden.



Die Angaben in Tabelle 4-7 sind Faustformeln, die eine leicht verständliche Auslegung des APL-Netzwerks ermöglichen sollen. Das Netzwerk bleibt auch bei Überschreitung der Netzwerklast funktionsfähig.

4.9 Überlegungen zur Verfügbarkeit

Da Redundanzkonzepte von den Redundanzstrukturen des übergeordneten Netzes abhängig sind, werden hier keine weiteren Angaben zur Redundanz gemacht.



Fragen Sie eine der Standardisierungsorganisationen (SDOs), die am APL-Projekt mitarbeiten, nach weiteren Informationen.

4.10 Best-Practice-Planungsbeispiele

Dieses Kapitel enthält Best-Practice-Beispiele für die Planung von APL-Netzwerken. Das Ziel dieses Kapitels ist, dass typische Netzwerktopologien unverändert weiterverwendet werden können, ohne dass Berechnungen oder weitere Überlegungen angestellt werden müssen.

4.10.1 Best-Practice-Planungsbeispiele mit einem gespeisten APL-Trunk

In den nachfolgenden Beispielen werden eine Reihe von Beispielanwendungen vorgestellt, die einen gespeisten APL-Trunk verwenden, wie er in Kapitel 4.2.4 beschrieben wurde. Da der gespeiste APL-Trunk Energie für die APL-Field-Switches und die an die Field-Switches angeschlossenen APL-Feldgeräte bereitstellt, muss der Spannungsabfall auf dem Trunk-Kabel berücksichtigt werden. Tabelle 4-8 zeigt die Voraussetzungen für die folgenden Best-Practice-Beispiele.

Tabelle 4-8: Voraussetzungen für Best-Practice-Planungsbeispiele

Typ	Annahme
Topologie	Gespeister APL-Trunk (siehe Abschnitt 4.2.4)
Power-Switch APL	Leistungsklasse 4 ² (50 V DC / 92 W)
APL-Field-Switch	Trunk: Mit Trunk_in und Trunk_out Ports; Leistungsklasse C Spurs: 16 Spurs; Leistungsklasse A (15 VDC/0,54 W) pro Port
APL-Feldgeräte	Maximale Stromaufnahme 55,56 mA pro Gerät
Trunk	Kabel Kategorie IV, max. 1 000 m, 1,5 mm ² (16AWG) Optional 2,5 mm ² (14AWG) oder 1,0 mm ² (18AWG)
Spur	Kabel Kategorie IV, max. 200 m, 0,75 mm ² (20AWG)
Umgebungstemperatur für Kabel ³	-20 °C ... +55 °C

² Noch nicht in [APS2021] spezifiziert. Vorbehaltlich der zukünftigen Entwicklung

³ Der Temperaturbereich wird als Annahme für die Berechnung des Spannungsabfalls auf den Kabeln in den Beispielen verwendet. Höhere und niedrigere Temperaturen sind je nach Kabelspezifikation möglich. In diesem Fall ist eine Neuberechnung des Spannungsabfalls erforderlich.

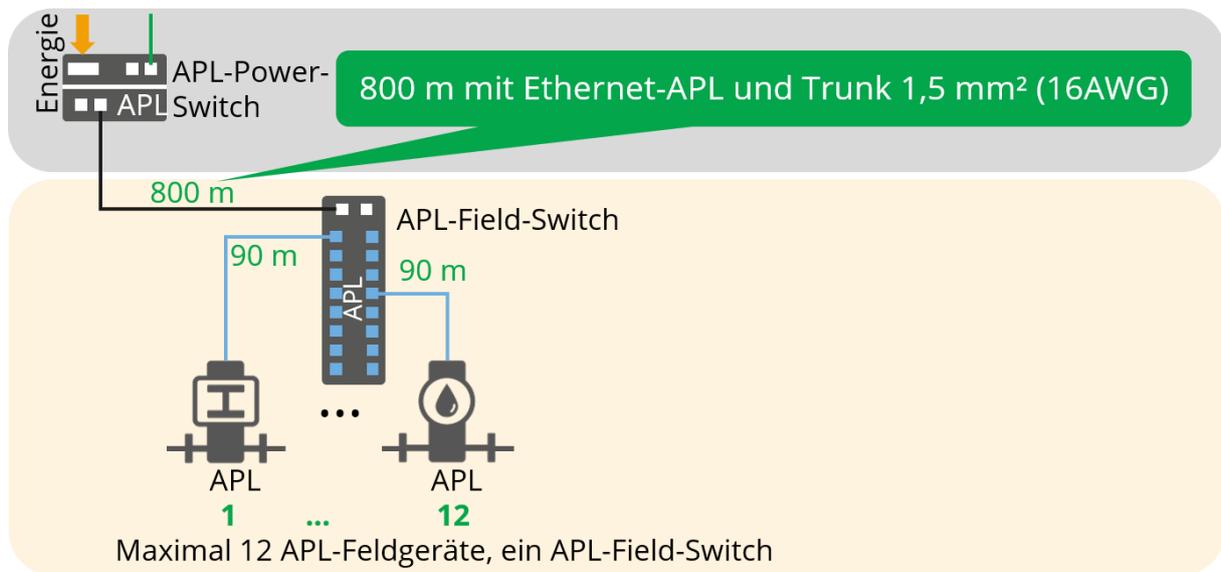


Abbildung 4-22: Einzelner Field-Switch mit langem, gespeistem Trunk

Abbildung 4-22 zeigt eine mögliche Anwendung, bei der die Feldgeräte an einem zentralen Ort angeschlossen sind. Die beschriebene Einstellung erlaubt eine Trunk-Länge von bis zu 800 m, bis zu 12 APL-Feldgeräte an einem APL-Field-Switch und Spurlängen von bis zu 90 m.

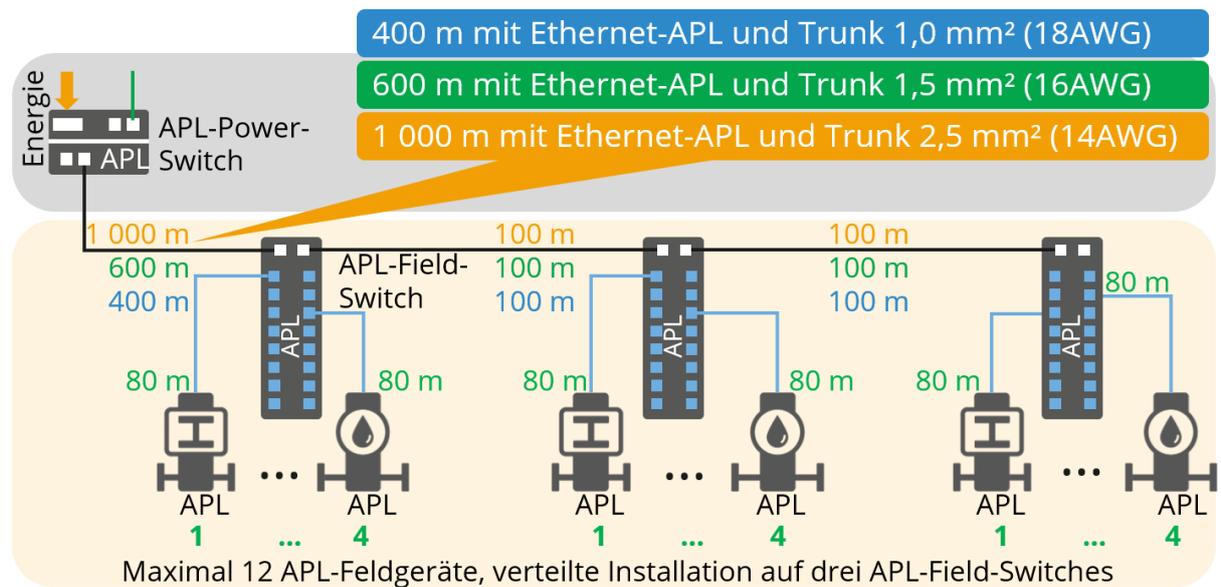


Abbildung 4-23: Dezentralisierte Installation mit langem gespeistem Trunk

Abbildung 4-23 zeigt drei APL-Field-Switches. An jeden der APL-Field-Switches werden vier APL-Feldgeräte angeschlossen, so dass sich eine Gesamtzahl von 12 APL-Feldgeräten ergibt. Die Länge der Spurs wird mit jeweils 80 m angenommen. Der Abstand zwischen den APL Field-Switches beträgt 100 m. An jeden Field-Switch werden vier APL Feldgeräte angeschlossen. Mit dieser Konfiguration kann die Entfernung zwischen dem APL Power-Switch und dem ersten APL Field-Switch

Switch 600 m bei Verwendung eines Stammkabels mit 1,5 mm² (16AWG) oder 700 m bei Verwendung eines Stammkabels mit 2,5 mm² (14AWG) betragen.

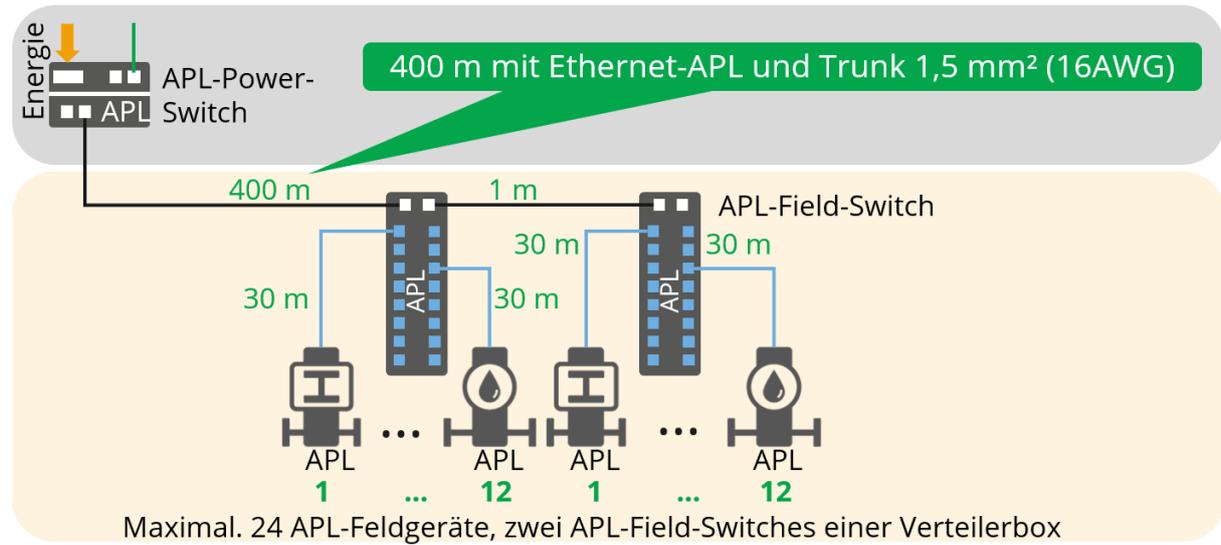


Abbildung 4-24: Installation mit gespeistem Trunk und zwei Field-Switches an einem Ort

Abbildung 4-24 zeigt ein Beispiel, bei dem zwei APL-Field-Switch nahe beieinander angeordnet sind. An jedem der Switches sind bis zu zwölf APL-Feldgeräte angeschlossen, was eine Gesamtzahl von 24 APL-Feldgeräten ergibt. Die Spurlängen werden mit 30 m oder weniger angenommen, die Länge des Trunks zwischen den beiden APL-Field-Switches soll ≤ 1 m sein. Durch Verwendung eines APL-Trunks mit einem Querschnitt von 1,5 mm² (16AWG) kann die Länge des APL-Trunks zwischen dem APL-Power-Switch und dem ersten APL-Field-Switch bis zu 400 m betragen.

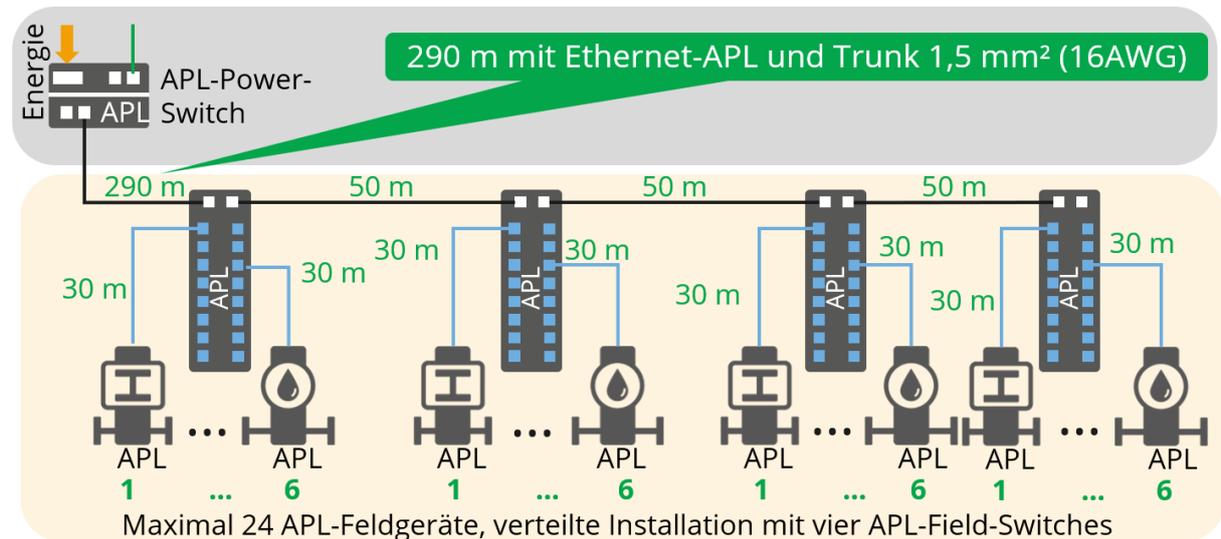


Abbildung 4-25: Dezentrale Installation mit gespeistem Trunk

Abbildung 4-25 geht von einer dezentralen Installation mit vier APL-Field-Switches aus. An jeden der Field-Switches werden sechs Feldgeräte angeschlossen, so dass sich eine Gesamtzahl von 24 APL-Feldgeräten ergibt. Es wird angenommen, dass der Abstand zwischen den Field-Switches jeweils 50 m beträgt. Daraus ergibt sich eine maximale Länge von 290 m für das Trunk-Segment zwischen dem Power-Switch und dem ersten Field-Switch. Es wird ein APL-Trunk mit einem Querschnitt von 1,5 mm² (16 AWG) angenommen.

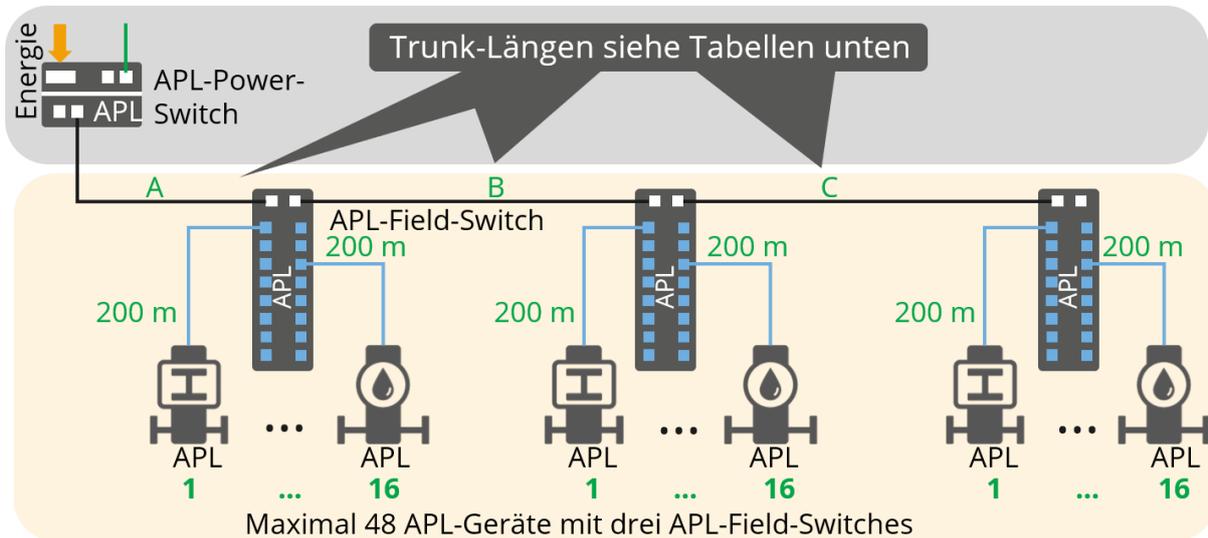


Abbildung 4-26: Installation mit hoher Anzahl von Feldgeräten und maximaler Stichleitungslänge

Abbildung 4-26 zeigt eine Topologie, bei der an jedem APL-Field-Switch alle 16 Stichleitungen der APL-Field-Switches genutzt werden, so dass insgesamt 48 APL-Feldgeräte vorhanden sind. Die Spur-Länge wird mit 200 m angenommen, was die maximal zulässige Länge für Spurs ist. Tabelle 4-9, Tabelle 4-10 und Tabelle 4-11 zeigen mögliche Kombinationen für die Abstände A, B und C in Abhängigkeit vom Querschnitt der gespeisten Trunk-Leitung.

Tabelle 4-9: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 1,0 mm² (18 AWG)

Gespeister Trunk 1,0 mm ² (18AWG)			
Varianten	Abstand A	Abstand B	Abstand C
Variante 1	125 m	125 m	125 m
Variante 2	900 m	≤ 1 m	≤ 1 m
Variante 3	100 m	100 m	250 m
Variante 4	≤ 1 m	≤ 1 m	750 m

Tabelle 4-10: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 1,5 mm² (16 AWG)

Gespeister Trunk 1,5 mm ² (16AWG)			
Varianten	Abstand A	Abstand B	Abstand C
Variante 1	185 m	185 m	185 m
Variante 2	1 000 m	≤ 1 m	≤ 1 m
Variante 3	100 m	100 m	500 m
Variante 4	≤ 1 m	≤ 1 m	1 000 m

Tabelle 4-11: Längenvarianten gespeister Trunk mit bis zu drei APL-Field-Switches pro Trunk und bis zu 48 APL-Feldgeräten mit APL-Trunk-Leitungsquerschnitt 2,5 mm² (14 AWG)

Gespeister Trunk 2,5 mm ² (16AWG)			
Varianten	Abstand A	Abstand B	Abstand C
Variante 1	310 m	310 m	310 m
Variante 2	1 000 m	≤ 1 m	≤ 1 m
Variante 3	100 m	100 m	1 000 m
Variante 4	≤ 1 m	≤ 1 m	1 000 m

Die vorangegangenen Beispiele haben eine bestimmte Anzahl von APL-Field-Switches, die Anzahl der APL-Feldgeräte und die Stichleitungslängen berücksichtigt und daraus die maximal zulässige Trunklänge abgeleitet. Das folgende Beispiel, dargestellt in Abbildung 4-27, nimmt die maximale Länge für die Trunk-Segmente und die maximale Länge für die Spurs an und leitet daraus dann die maximale Anzahl der APL-Feldgeräte ab.

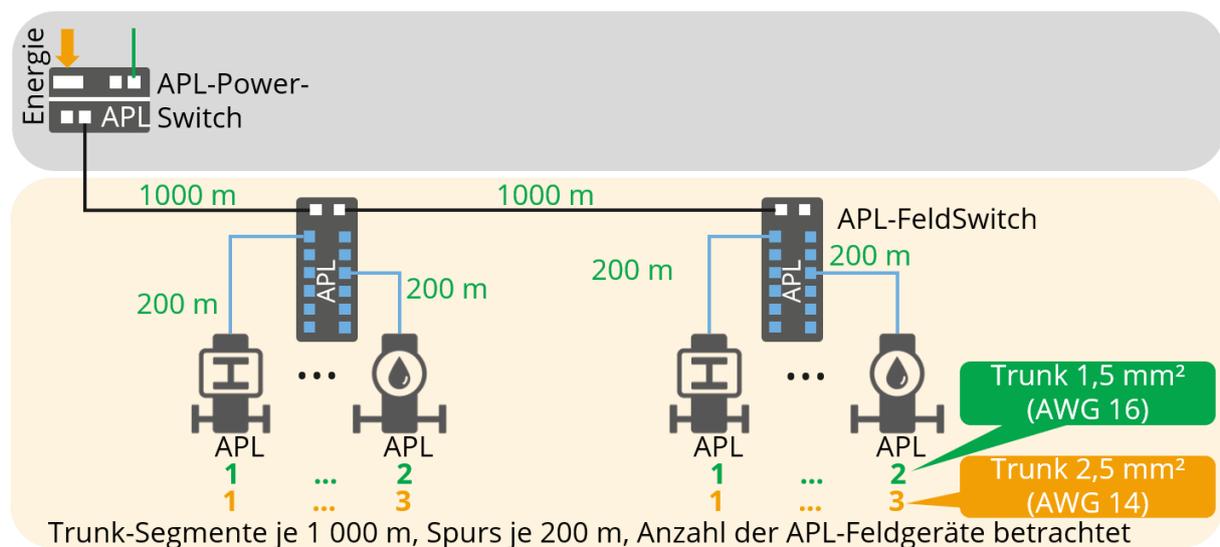


Abbildung 4-27: Installation mit maximalen Abständen, Anzahl der Geräte berücksichtigt

Abbildung 4-27 zeigt, dass mit einem APL-Trunk mit einem Querschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ (16AWG) bis zu zwei APL-Feldgeräte an jeden der beiden APL-Field-Switches angeschlossen werden können. Bei Verwendung einer APL-Trunk-Leitung mit einem Querschnitt von $2,5 \text{ mm}^2$ (14AWG) erhöht sich die Anzahl der Geräte auf 3 pro APL-Field-Switch.

Für den Fall, dass die Best-Practice-Beispiele nicht passen, besteht die Möglichkeit, die Strukturen gemäß Anhang 10.2. auf Basis der Einzeldaten der verwendeten Komponenten individuell zu berechnen.

Die Energie für die APL-Field-Switches und die APL-Feldgeräte muss über den APL-Trunk übertragen werden. Aus dem vorangegangenen Beispiel ist ersichtlich, dass dies zu gewissen Einschränkungen in Bezug auf die Anzahl der APL-Field-Switches, die Anzahl der APL-Feldgeräte und die Kabellängen führt. Falls die geplante Anwendung höhere Leistungen erfordert, empfiehlt sich die Verwendung einer Lösung mit Industrial Ethernet bis zum APL-Field-Switch, wie im nächsten Kapitel beschrieben.

4.10.2 Best-Practice-Planungsbeispiel mit Industrial Ethernet bis zum Field-Switch

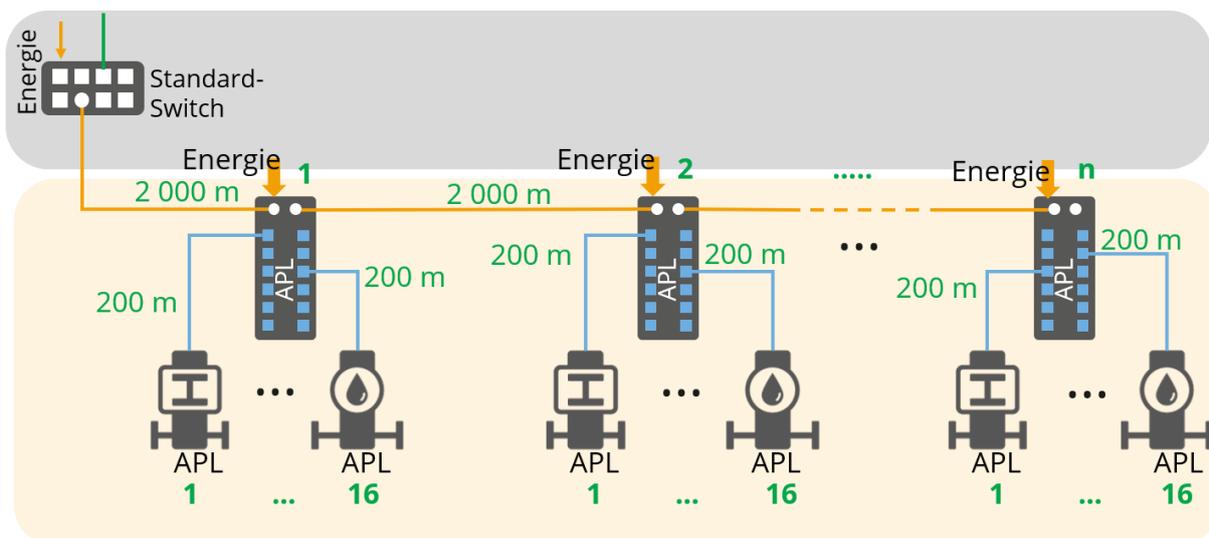


Abbildung 4-28: Industrial Ethernet mit LWL-Verbindung bis zu die Field-Switches, hoher Anzahl von Feldgeräten und maximaler Spur-Länge

Für den Fall, dass die Qualität des Potenzialausgleichssystems nicht bekannt ist, kann ein Aufbau gemäß Abbildung 4-28 verwendet werden. Hier wird das Industrial-Ethernet-Automatisierungsnetzwerk über einen Lichtwellenleiter direkt bis zu den Field-Switches geführt. Eine Multimode-Faser würde typischerweise Entfernungen bis zu 2 000 m zwischen den Switches ermöglichen. Das Beispiel geht von einer Anzahl von n Feld-Switches mit jeweils bis zu 16 APL-Feldgeräten aus. Die Hauptbegrenzung dieses Beispiels ist die Anzahl der Geräte, die an die übergeordnete SPS/PLS (Host-System) angeschlossen werden können, und die maximal zulässige Linientiefe (Anzahl der Switches zwischen Controller und dem entferntesten Gerät) des Industrial-Ethernet-Netzwerks.

4.10.3 Zusammenfassung der Best-Practice-Beispiele

Dieser Abschnitt fasst die Schlussfolgerungen zusammen, die sich aus den in den vorherigen Abschnitten gezeigten Best-Practice-Planungsbeispielen ableiten lassen:

- ➔ Eine Topologie mit gespeistem Trunk hat die folgenden Merkmale:
 - Keine Hilfsspannung für die Field-Switches erforderlich. Die Energieversorgung erfolgt über die den gespeisten Trunk.
 - Die maximal zulässige Länge des APL-Trunks ist abhängig vom Einbauort der APL-Field-Switches sowie von der Anzahl und Leistungsaufnahme der an die APL-Field-Switches angeschlossenen APL-Feldgeräte. Der Querschnitt der Trunk-Leitung ist Bestandteil der Längenberechnung.
 - Die Datenrate auf dem APL-Trunk beträgt 10 Mbit/s. Die maximal zulässige Netzlast ist zu beachten.
 - Der Potentialausgleich zu beachten, insbesondere bei langen Trunk-Segmenten. Hinweis: Der Kabelschirm kann Potenzialausgleichsströme führen, wenn beide Seiten mit dem Common Bonding Network (CBN) verbunden sind.
 - Siehe Kapitel 4.10.1 für weitere Informationen.
- ➔ Eine Topologie, die Industrial Ethernet zu den APL-Feld-Switches führt, hat die folgenden Eigenschaften:
 - Ein APL-Trunk nicht verwendet.
 - Es wird Hilfsenergie im Feld, die zur Versorgung der Field-Switch verwendet wird
 - Die Datenrate ist unkritisch, da die APL-Feld-Switches direkt an das Industrial Ethernet mit 100 Mbit/s angeschlossen werden.
 - Der Potentialausgleich ist unkritisch, wenn für das Industrial Ethernet ein Lichtwellenleiter verwendet wird.
 - Prüfen Sie Abschnitt 4.10.2 für weitere Informationen.

Einen weiteren Vergleich der drei beschriebenen Konzepte finden Sie in Tabelle 4-4.

4.11 Checklisten für den Planungsprozess

Die folgenden Checklisten fassen die in diesem Kapitel angegebenen Planungsschritte zusammen. Es sind zwei Checklisten vorhanden. Tabelle 4-12 ist die Checkliste für eine APL-Planung in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre. Tabelle 4-13 ist die Checkliste für eine Planung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre.

Tabelle 4-12: Checkliste APL-Planung in Bereichen ohne explosionsfähige Atmosphäre

Nr.	Aufgabe	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Check
1	Standort der APL-Feldgeräte zuweisen	Der technische Prozess definiert, wo die Feldgeräte platziert werden müssen. Ermitteln Sie den Standort der Geräte	
2	Standort der Field-Switches zuweisen	Die maximale Spur-Länge (Abstand zwischen APL-Field-Switch und APL-Feldgerät) beträgt maximal 200 m. Ermitteln Sie, wo die Field-Switches platziert werden müssen, um die Abstandsbegrenzung auf den Spurs einzuhalten.	
3	Grundstruktur des APL-Netzwerks definieren	Kapitel 4.2 beschreibt grundlegende Strukturen von APL-Netzwerken: Industrial Ethernet bis zum Feld-Switch und gespeister APL-Trunk. Wählen Sie die Struktur, die am besten zu den Anforderungen Ihrer Anwendung passt.	
4	Anzahl der Einfügungen prüfen	Zusätzlich zu den APL Feldgeräten und den APL Switches können weitere Komponenten an das Netzwerk angeschlossen werden. Dies sind APL Auxiliary Devices (z. B. Überspannungsschutzgeräte) und Inline-Verbindungen (z. B. Steckverbinder). Die maximal zulässige Anzahl ist gemäß Tabelle 4-6 zu prüfen	
5	Anbindung an das übergeordnete Automatisierungsnetzwerk planen	Planen Sie, wo das APL-Segment an das übergeordnete Netzwerk angeschlossen werden soll. Beachten Sie, dass dieser Planungsschritt von der im vorherigen Schritt gewählten Systemstruktur abhängt. Die Segmentlänge eines gespeisten Trunks muss berechnet werden, da sie von der Leistungsaufnahme der Geräte und dem daraus resultierenden Spannungsabfall auf dem Trunk abhängt. Siehe Kapitel 4.10 für Best-Practice-Beispiele und Anhang 10.1.2 für weitere Informationen.	
6	Überprüfen Sie die Netzlast	Verwenden Sie Abbildung 4-20 oder Abbildung 4-21, um die maximale Netzlast eines APL-Segments zu überprüfen.	
7	Dokumentieren Sie die Ergebnisse	Die Ergebnisse des Planungsprozesses sollten dokumentiert werden.	

Tabelle 4-13: Checkliste APL-Planung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre

Nein.	Aufgabe	Erläuterung	Check
1	Ex-Zonenplanung	Führen Sie die Ex-Zonen- /Klassen- und Divisionsplanung durch. Ordnen Sie die Zonen/Klassen und Divisionen gemäß den Regeln und Richtlinien in Ihrem Land zu.	
2	Standort der APL-Feldgeräte zuweisen	Der technische Prozess definiert, wo die Feldgeräte platziert werden müssen. Ermitteln Sie den Standort der Geräte. Dokumentieren Sie, in welcher Zone / Klassen und Division sich die Geräte befinden werden.	
3	Standort der Field-Switches zuweisen	Die maximale Spur-Länge (Abstand zwischen APL-Field-Switch und APL-Feldgerät) beträgt maximal 200 m. Ermitteln Sie, wo die Field-Switches platziert werden müssen, um die Längenbegrenzung auf den Spurs einzuhalten.	
4	Grundstruktur des APL-Netzwerks definieren	Kapitel 4.2 definiert drei grundlegende Strukturen von APL-Netzwerken: Industrial Ethernet zum Feld-Switch und gespeistem APL-Trunk. Wählen Sie die Struktur, die am besten zu den Anforderungen Ihrer Anwendung und zu den Ex-Zonen / Klasseneinteilungen Ihrer Anlage gemäß Kapitel 4.5 passt.	
5	Anzahl der Einfügungen prüfen	Zusätzlich zu den APL Feldgeräten und den APL Switches können weitere Komponenten an das Netzwerk angeschlossen werden. Dies sind APL Auxiliary-Devices (z. B. Überspannungsschutz) und Inline-Connections (z. B. Steckverbinder). Die maximal zulässige Anzahl ist gemäß Tabelle 4-6 zu prüfen.	
5	Anbindung an das übergeordnete Automatisierungsnetzwerk planen	Planen Sie, wo das APL-Segment an das übergeordnete Netzwerk angeschlossen werden soll. Beachten Sie, dass dieser Planungsschritt von der im vorherigen Schritt gewählten Systemstruktur abhängt. Die maximale Trunk-Länge muss beachtet werden. Die Segmentlänge eines gespeistem Trunks muss berechnet werden, da sie von der Leistungsaufnahme der Geräte und dem Spannungsabfall auf der Trunk-Leitung abhängt. Siehe Kapitel 4.10 für Best-Practice-Beispiele und Anhang 10.1.2 für weitere Informationen.	
7	Überprüfen Sie das Ex-Konzept	Prüfen: Ist die Kombination von Field-Switches und APL-Geräten nach dem 2- WISE-Konzept zulässig? Haben die Spurs die richtige Zündschutzart gemäß der Zonen- / Klasseneinteilung? Befinden sich die Field-Switches in der richtigen Zone / Klasseneinteilung?	
8	Überprüfen Sie die Netzlast	Verwenden Sie Abbildung 4-20 oder Abbildung 4-21, um die maximale Netzlast eines APL-Segments zu überprüfen.	
9	Dokumentieren Sie die Ergebnisse	Die Ergebnisse des Planungsprozesses sollten dokumentiert werden	

5 Funktionspotentialausgleich und Schirmung

In den folgenden Kapiteln werden Empfehlungen für das Potentialausgleichs- und Schirmungskonzept von APL-Netzwerken gegeben. Der Funktionspotentialausgleich und die Schirmung dienen zwei Zwecken. Erstens: Vermeidung von Potentialunterschieden, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden könnten. Zweitens: Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit der Installation und damit der Anlage.



Beachten Sie bei der Planung des Potentialausgleichsystems die Regeln und Vorschriften, die in dem Land gelten, in dem Sie die Installation durchführen.



Dieses Kapitel erläutert nur spezielle Planungsaspekte für APL. Es zeigt nicht den vollen Umfang der Planung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre.

5.1 Funktionspotentialausgleichskonzept von APL

Bevor der Potentialausgleich von APL-Netzwerken beschrieben wird, sollen in Tabelle 5-1 zunächst einige grundlegende Begriffe erläutert werden. Die Erläuterungen sind aus dem IEV-Wörterbuch [IEV2020] entnommen.

Tabelle 5-1: Begriffe rund um den Potentialausgleich

Begriff	Erläuterung
Potentialausgleich	Herstellung von elektrischen Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potentialgleichheit zu erzielen.
Schutzpotentialausgleich	Potentialausgleich zum Zweck der Sicherheit.
Funktionspotentialausgleich	Potentialausgleich aus anderen betrieblichen Gründen, aber nicht zum Zweck der Sicherheit
Kombinierte Potentialausgleichsanlage / gemeinsames Potentialausgleichsnetz (Potentialausgleichssystem, das sowohl Schutzpotentialausgleich als auch Funktionspotentialausgleich herstellt. (engl. Common Bonding Network (CBN))
Vermaschtes System:	System oder Teil eines Systems, das aus mehreren Maschen besteht.
Haupterdungsklemme / Haupterdungsanschlusspunkt / Haupterdungsklemme / Haupterdungssammelschiene	Anschlusspunkt oder Schiene, die Teil der Erdungsanlage einer Anlage ist und die elektrische Verbindung von mehreren Leitern zu Erdungszwecken ermöglicht.

In den folgenden Kapiteln wird hauptsächlich auf den Potentialausgleich eingegangen, da ein guter Potentialausgleich entscheidend für die Funktion der APL-Kabelschirme ist. Üblicherweise werden die Potentialausgleichssysteme an der Haupterdungsklemme oder an mehreren Stellen geerdet. Dennoch wird in den folgenden Kapiteln generell der Begriff "Potentialausgleich" verwendet und nicht von "Erdung" gesprochen. Der Begriff "Potentialausgleich" impliziert keine bestimmte Qualität des Netzes. Für ein vermaschtes Potentialausgleichsnetz wird explizit das Wort "vermascht" verwendet.

Es wird empfohlen, für APL-Installationen ein vermaschtes gemeinsames Potentialausgleichsnetz (meshed CBN) zu verwenden. Dies bedeutet, dass ein einziges Potentialausgleichssystem verwendet wird, um sowohl die elektrische Sicherheit als auch den funktionalen Potentialausgleich innerhalb der Anlage zu gewährleisten.

Die Normen [EN 50310] und [IEC 60364 -4- 44] legen die Erdungs- und Potentialausgleichsmaßnahmen für Gebäude mit IT-Ausstattung fest. Die Erläuterungen im folgenden Abschnitt sind aus diesen Normen abgeleitet.

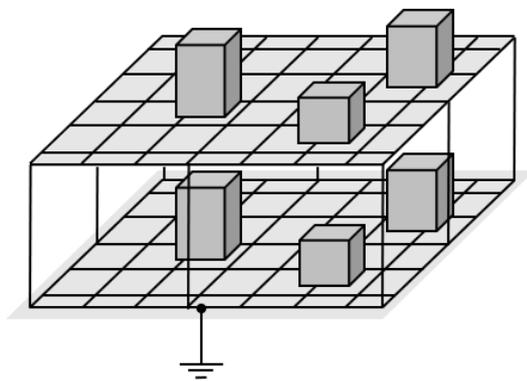


Abbildung 5-1: Vermaschtes Potentialausgleichssystem

Der in Abbildung 5-1 dargestellte vermaschte Potentialausgleich besteht aus einem vermaschten Potentialausgleichsnetz. Im Anlagenbereich werden alle Metallteile wie Schränke, Gestelle, Stützen und Kabelsysteme lokal verbunden. Durch die Verbindung aller Metallteile entsteht ein vermaschtes Potentialausgleichssystem, das durch seine große Anzahl von kurzen und parallelen Übertragungswegen eine geringe Impedanz aufweist. Ein Netz mit dieser Art der Vermaschung aller leitfähigen Objekte wird als Potentialausgleichssystem (engl. Bonding Network - BN) bezeichnet. Das Potentialausgleichssystem hat vermaschte Potentialausgleichsleitungen, die über das gesamte Gebäude/Anlage verteilt sind. Daher sollte ein gemeinsames System über mehrere Ebenen des Gebäudes/der Anlage verlegt werden. Wird dieses Potentialausgleichssystem sowohl für die elektrische Sicherheit als auch für den Funktionspotentialausgleich verwendet, spricht man von einem kombinierten Potentialausgleichssystem (Common Bonding Network - CBN). **Für die weitere Diskussion wird ein gemeinsames Potentialausgleich-Netz (CBN) angenommen.** Das Symbol, das den Anschluss an das CBN kennzeichnet, ist in Abbildung 5-2 dargestellt.



Abbildung 5-2: Kennzeichnung für den Anschluss an das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk (CBN)

Das Ziel des Einsatzes eines vermaschten Potenzialausgleichs ist es, die Leitungsimpedanz des Potentialausgleichssystems zwischen zwei Geräten zu reduzieren. Dazu werden möglichst viele parallele und elektrisch leitende Verbindungen zwischen den Geräten der Anlage benötigt. Da dies bei ausschließlicher Verwendung von Kabeln einen enormen Verkabelungsaufwand nach sich ziehen würde, wird die Vermaschung zum Teil durch die Verwendung von Metallteilen der Anlage wie Rohren, Gestellen, Schränken und Kabelkanälen realisiert. Auch den Fundamenteerder und die Stahlbewehrung der Gebäudeböden sollten Sie in den Potentialausgleich einbeziehen. In diesem Fall muss jedoch der Bewehrungsstahl des Fundamenteidders entweder verschweißt oder durch andere Maßnahmen dauerhaft verbunden werden, um die elektrische Leitfähigkeit zu gewährleisten.

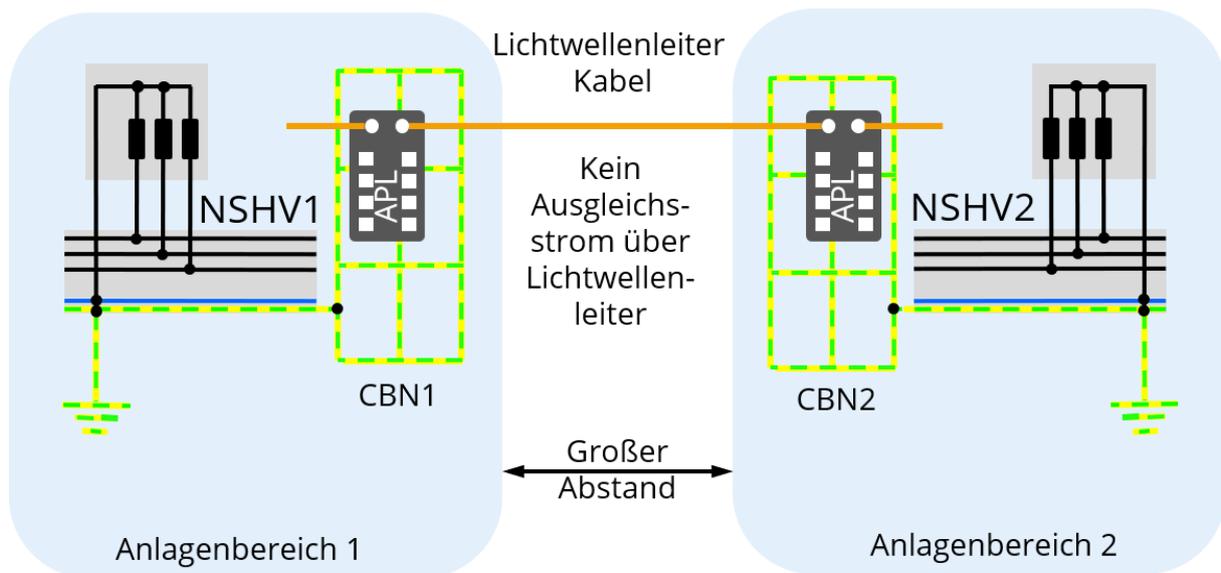


Abbildung 5-3: Verschiedene Potentialausgleichsnetzwerke

Abbildung 5-3 zeigt eine Anlage mit zwei Anlagenbereichen, die von unterschiedlichen Niederspannungs-Hauptverteilungssystemen (NSHV) versorgt werden und mit einem großen Abstand zwischen den beiden Anlagenbereichen. In diesem Fall ist es nicht möglich, ein einziges gemeinsames Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) zu erstellen. Um dieses Problem zu überwinden, sollten die APL-Field-Switch über Lichtwellenleiter (LWL) verbunden werden und die gemeinsamen Potentialausgleich-Netzwerke getrennt bleiben. Siehe Kapitel 4.2.1, um mehr über LWL-Verbindungen zwischen Field-Switches zu erfahren.

5.2 Schirmungskonzept von APL

Unter der Annahme eines vermaschten CBN, wie in Kapitel 5.1 beschrieben, sollten die Kabelschirme des APL-Netzes an beiden Enden des Kabels mit dem CBN verbunden werden. Dies gilt sowohl für Trunks als auch für Spurs.

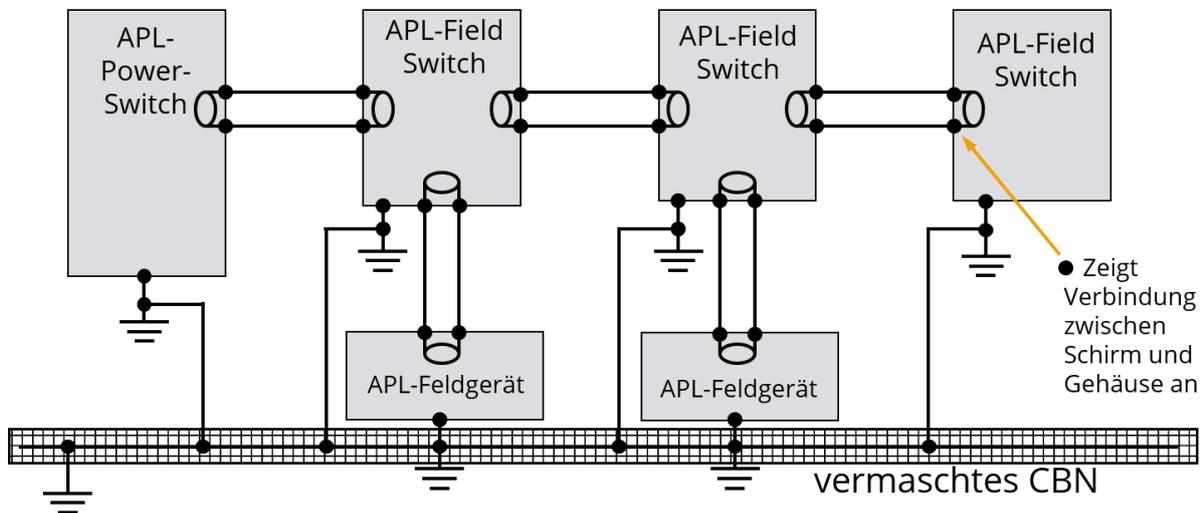


Abbildung 5-4: Kabelschirme beidseitig mit dem CBN verbunden

Abbildung 5-4 zeigt den direkten Anschluss der Kabelschirme an das gemeinsame Potentialausgleich-System (CBN) an beiden Enden. Es ist zu erkennen, dass die Komponenten bzw. deren Gehäuse über die Erdungsklemmen mit dem CBN verbunden sind. Parallel dazu werden die Kabelschirme mit dem Gehäuse verbunden. Der Anschluss des Schirms hängt von der Ausführung des Geräts ab. In der Regel erfolgt er gemäß Abbildung 6-3, Alternative ①, ②, ③, ④ oder über das Gehäuse der M12- oder M8-Steckverbinder. Die Kontaktierung des Kabelschirms sollte großflächig und mit geringer Impedanz erfolgen.

Der Vorteil eines vermaschten CBN ist, dass die Ströme in den Maschen des Erdungssystems relativ gering sind, was auf die große Anzahl paralleler Pfade im Erdungssystem zurückzuführen ist. Daher ist der Anschluss von Kabelschirmen an beiden Enden möglich, ohne dass die Gefahr besteht, dass Kabelschirme übermäßige vagabundierende Ströme im CBN führen. Falls ein vermaschtes CBN nicht zur Verfügung steht oder das Potenzialausgleichssystem unter vagabundierenden Strömen leidet, sollten Leitungsschirme, wie in Abbildung 5-5 gezeigt, nur an einem Ende direkt mit dem CBN verbunden werden und am anderen Ende über einen Kondensator.

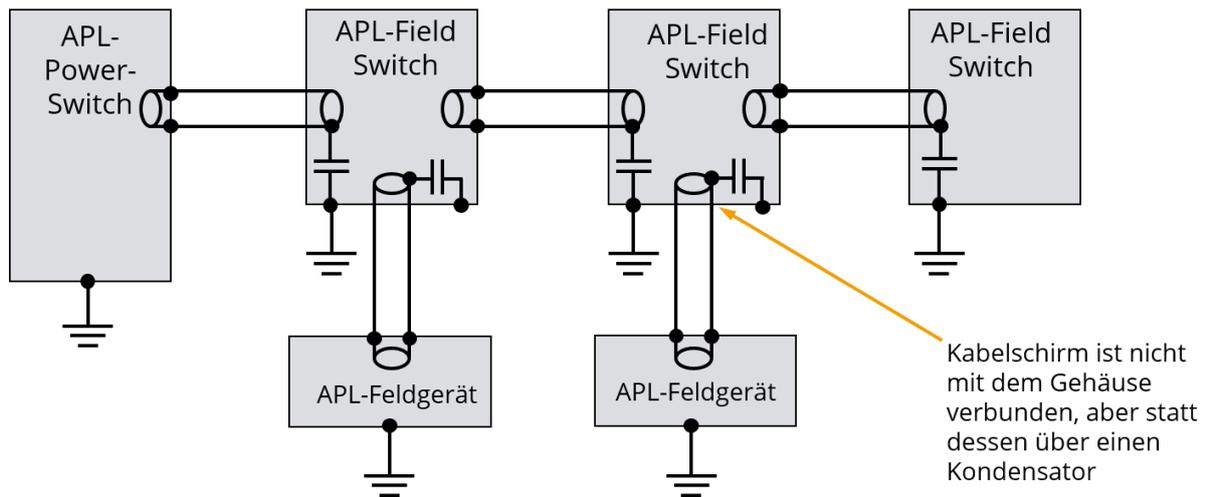


Abbildung 5-5: Kabelschirm mit einem Ende direkt und dem anderen Ende über einen Kondensator mit dem CBN verbunden

APL-Feldgeräte unterstützen die direkte Anbindung der Kabelschirme an den Potentialausgleich. APL-Switches unterstützen in der Regel sowohl die direkte als auch die kapazitive Anbindung des Kabelschirms an das Potentialausgleich-Netzwerk. Für eine kapazitive Anbindung des Kabelschirms siehe Abbildung 6-4, Alternative ⑤, ⑥ oder ⑦.



Beachten Sie, dass der Anschluss des Kabelschirms über einen Kondensator die Immunität des Kabels gegen Magnetfelder verringert. Magnetische Felder werden z. B. durch ungeschirmte Netzleitungen oder ungeschirmte Motorleitungen erzeugt. Um dies zu kompensieren, sollten die Mindestabstände zwischen dem APL-Kabel und dem Leistungskabel gemäß Gleichung 6-1 berücksichtigt werden.

Weitere Informationen zur verbesserten EMV finden Sie im Anhang in Kapitel 10.3.

5.3 Potentialausgleich und Schirmung in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre

Nach [IEC 60079 -14] ist eine beidseitige Erdung des Kabelschirms im Ex-Bereich nur dann zulässig, wenn "in hohem Maße sichergestellt ist, dass zwischen beiden Enden des Stromkreises ein Potentialausgleich besteht".

Wenn die Ströme im Potentialausgleich nicht minimiert werden können, d. h. der Potentialausgleich nicht in hohem Maße gewährleistet ist, muss ein Stromfluss vom Potentialausgleich über den Schirm verhindert werden. Die [IEC 60079 -14] schreibt für diesen Fall einen einseitigen Schirmanschluss oder einen beidseitigen Schirmanschluss mit einseitigem Kondensator vor, der allerdings die Wirksamkeit des Schirms reduziert. Dieser Nachteil kann ggf. durch eine Vergrößerung des Abstands zwischen APL-Kabel und Leistungskabel kompensiert werden.



Eine beidseitige Erdung des Kabelschirms im Ex-Bereich ist nur dann zulässig, wenn "in hohem Maße sichergestellt ist, dass zwischen beiden Enden des Stromkreises ein Potentialausgleich besteht". Die Verwendung von Installationsmaterial des Typs Ex e in Kombination mit einem vermaschten Potentialausgleichsnetz ist eine gute Grundlage dafür.

5.4 Überspannungsschutz

Ein Überspannungsschutzgerät (engl. Surge Protective Device - SPD) ist ein elektrisches Gerät, das zum Schutz von elektronischen Geräten vor elektrischen Überspannungen und Spannungsspitzen verwendet wird. Ein SPD ist ein Auxiliary-Device. Gemäß Tabelle 4-6 ist die Anzahl der Auxiliary Devices auf zwei pro Segment begrenzt. Dies gilt sowohl für Trunks als auch für Spurs.



Überspannungsschutzgeräte (SPD) müssen elektronische Schaltungen vor Überspannungen und Spannungsspitzen schützen. Beachten Sie die lokalen Normen und Vorschriften, die für den Blitzschutz in industriellen Anwendungen gelten.



Wenn aufgrund des Risikos einer potenziellen Überspannungseinwirkung ein Überspannungsschutz angewendet werden muss, müssen Überspannungsschutzgeräte an beiden Anschlüssen, dem Switch-Anschluss und dem Feldgeräteanschluss, installiert werden.

SPDs müssen nach [APS2021] ausgelegt sein und dürfen inline zwischen einem APL-Anschluss und dem Segmentkabel mit einer Stichleitungslänge von maximal 10 cm angeschlossen werden. Die Verbindung des Überspannungsschutzgerätes mit dem Potenzialausgleichssystem muss niederohmig sein, um hohe Spannungen bei einem Überspannungsereignis (z. B. indirekter Blitzschlag) zu vermeiden.

6 Installation von APL-Netzwerken



Zielgruppe dieses Kapitels sind Personen, die Installationsaufgaben vor Ort ausführen und/oder beaufsichtigen. Die folgenden Kapitel führen den Leser durch den Installationsprozess eines APL-Netzwerks.



Beachten Sie bei der Installation die Regeln und Vorschriften, die in dem Land gelten, in dem Sie die Installation durchführen.



Insbesondere bei Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen sind die Anforderungen aus [IEC 60079- 14] bzw. die jeweiligen örtlichen Vorschriften und Bestimmungen zu beachten.

6.1 Verlegung von Leitungen

Um die Aufnahme von elektromagnetischen Störungen zu minimieren, sollten APL-Leitungen getrennt von der Leistungsverkabelung verlegt werden. Die parallele Verlegung von APL- und anderen Kabeln sollte minimiert und der Abstand zwischen diesen verschiedenen Kabeln maximiert werden. Bei der Verlegung von APL-Kabeln sind der minimale Biegeradius und die Zugfestigkeit der Kabel zu beachten.



Beachten Sie bei der Installation die geltenden nationalen Sicherheits- und Installationsvorschriften für Daten- und Leistungskabel. Die Angaben in diesem Leitfaden basieren auf den geltenden IEC-Normen.

6.1.1 Kabelabstände und Kabelführung

Der folgende Abschnitt enthält allgemeine Informationen zur Kabelverlegung innerhalb von Gebäuden als referenzierte Norm [EN 50174-2].



Generell sind Energieversorgungskabel und Kommunikationskabel getrennt zu verlegen.

Sie sollten zunächst prüfen, wo in der Anlage die Energieversorgungskabel verlegt sind oder verlegt werden sollen. In der Praxis ist es unter Umständen nicht möglich, die Kabel vollständig voneinander zu trennen. Die Verwendung desselben Kabelkanals ist zulässig, sofern die erforderlichen Mindestabstände eingehalten werden. Verwenden Sie alternativ spezielle Kabelkanäle mit Stahltrennstegen.

Die Richtlinien für die Mindestabstände zwischen Leistungskabeln und APL-Kabeln basieren auf den folgenden Annahmen:

- Es werden Netzkabel mit einer maximalen Spannung von 1 000 V bei 50/60 Hz verwendet.
- Ein vermaschtes Potentialausgleichsnetzwerk ist vorhanden.
- Der Schirm des APL-Kabels ist an beiden Enden mit dem gemeinsamen Potentialausgleichsnetzwerk (CBN) verbunden.

Wenn Ihre Anlage von diesen Annahmen abweicht, empfiehlt es sich, die in diesem Kapitel empfohlenen Kabelabstände zu erhöhen. Gemäß Tabelle 4-3 sind APL-Kabel mit einer Schirmdämpfung von ≥ 60 dB spezifiziert. Diese Kabel fallen demnach gemäß Tabelle 6-1 in die Trennklasse c (≥ 55 dB). Wenn Ihnen die Schirmdämpfung des Kabels nicht bekannt ist, verwenden Sie stattdessen die Trennklasse b gemäß Tabelle 6-1.

Um den Mindestabstand zwischen APL-Kabeln und anderen elektrischen Kabeln zu bestimmen, gehen Sie wie folgt vor:

- Wählen Sie in Tabelle 6-1 im rechten Tabellenabschnitt (Abstand) der die Art der Kabeltrennung aus, die verwendet werden soll. Lesen Sie den minimal erforderlichen Trennungsabstand S aus der Tabelle für die Trennungsklasse c ab.
- Beachten Sie außerdem die Zusatzinformationen für die verschiedenen Leitungen a, b, c, d gemäß Tabelle 6-1.
- Schätzen Sie die Anzahl der parallel zum APL-Kabel verlaufenden Stromkreise gemäß Tabelle 6-2.

Tabelle 6-1: Erforderliche Mindestabstände S zwischen APL-Kabeln und Leistungskabeln nach EN 50174-2(2018)

		Für informationstechnische Verkabelung oder Stromversorgungsverkabelung verwendete Kabelkanäle		
Trennklasse	Trennung ohne elektromagnetische Barriere	Offener metallener Kabelkanal ^a	Lochblech-Kabelkanal ^{b, c}	Massiver metallener Kabelkanal ^d
b	100 mm	75 mm	50 mm	0 mm
c	50 mm	38 mm	25 mm	0 mm
	a	Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu geschweißtem Stahlmaschenkorb mit der Maschengröße von 50 mm × 100 mm (Leitern ausgenommen). Diese Schirmleistung kann auch erzielt werden mit einer Stahlkabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer geringeren Wanddicke als 1,0 mm und/oder mehr als 20 % gleichmäßig gelochter Fläche.		
	b	Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu einer Stahlkabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wanddicke von mindestens 1,0 mm und höchstens 20 % gleichmäßig gelochter Fläche. Diese Schirmleistung kann auch erzielt werden mit geschirmten Stromleitungen, die nicht die in Fußnote d festgelegten Leistungsmerkmale erfüllen.		
	c	Die obere Oberfläche der installierten Kabel muss mindestens 10 mm unterhalb der Oberkante der Barriere liegen.		
	d	Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) äquivalent zu einem Stahl-Installationsrohr mit einer Wanddicke von 1,5 mm. Der angegebene Trennabstand gilt zusätzlich zu der von jeglicher durch Trennstege/Barrieren gebotenen Trennung.		

Tabelle 6-2: Faktor P für Leistungsverkabelung nach EN 50174-2(2018)

Art des elektrischen Stromkreises ^{a, b, c}	Anzahl der Stromkreise	Faktor für die Energieversorgungsverkabelung P
20 A, 230 V, einphasig	1 bis 3	0,2
	4 bis 6	0,4
	7 bis 9	0,6
	10 bis 12	0,8
	13 bis 15	1,0
	16 bis 30	2
	31 bis 45	3
	46 bis 60	4
	61 bis 75	5
	>75	6
a	Dreiphasige Kabel müssen als 3 einzelne einphasige Kabel behandelt werden.	
b	Mehr als 20 A müssen als Vielfaches von 20 A behandelt werden.	
c	Stromversorgungskabel für geringere Wechsel- oder Gleichspannung müssen auf Grundlage ihrer Stromstärkebemessung behandelt werden, d. h. ein 100 A/50 V-Gleichstromkabel entspricht 5 der 20-A-Kabel ($P = 0,4$).	

- ➔ Berechnen Sie den empfohlenen Abstand zwischen dem APL und den Leistungskabeln gemäß Gleichung 6-1.

$$\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot \text{Minimaler_Abstand}$$

$$\text{Mindest_Abstand} = S \cdot P$$

$$\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot S \cdot P$$

Gleichung 6-1: Berechnung des empfohlenen Abstands

Als nächsten Schritt werden wir ein Berechnungsbeispiel für die empfohlenen Abstände mit den folgenden Annahmen durchführen:

- ➔ APL-Kabel mit Kopplungsdämpfung \geq verwendet: Verwenden Sie die Trennklasse c gemäß Tabelle 6-1.
- ➔ Offene metallische Leitung: Nach Tabelle 6-1, führt zu einem Mindestabstand S von 38 mm.
- ➔ 20 Stromkreise mit je 20 A gemäß Tabelle 6-2: Faktor $P = 2$.
- ➔ Der empfohlene Abstand ist das Doppelte des Mindestabstands.

Dies führt zu:

$$\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot \text{Minimaler_Abstand}$$

$$\text{Mindest_Abstand} = S \cdot$$

$$\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot$$

$$\text{Empfohlener_Abstand} = 2 \cdot 38 \text{ mm} \cdot 2 = 152 \text{ mm}$$

Gleichung 6-2: Berechnungsbeispiel für Mindestabstand



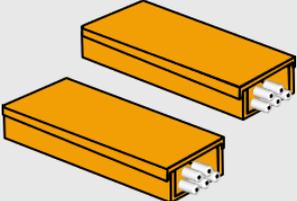
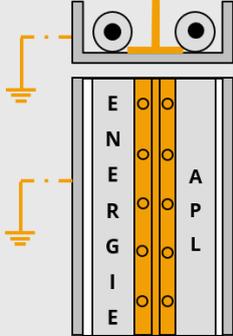
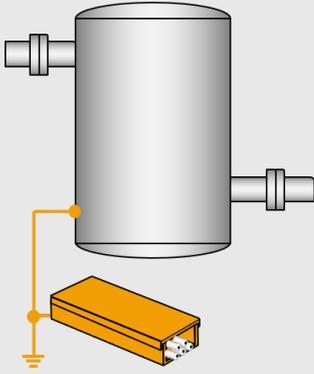
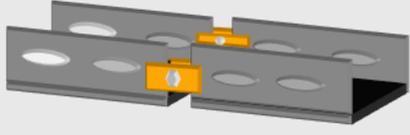
Die Angaben zu den minimalen Leitungsabständen beziehen sich auf Installationen, bei denen APL-Leitungen über längere Strecken parallel zu ungeschirmten Netzleitungen verlaufen. Die hier angegebenen Werte stellen einen Orientierungsrahmen dar. Bei kürzeren parallelen Leitungsverläufen, z. B. innerhalb von Maschinen, bei geschirmten Leistungsleitern oder bei Verwendung von Hybridkabeln, ist eine Unterschreitung der Mindestabstände zulässig. Die anwendungsspezifisch reduzierten Abstände müssen vom Hersteller der Systemkabel festgelegt werden. Diese Vorgehensweise ist in der [EN 50174-2] vorgesehen.

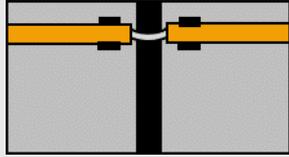
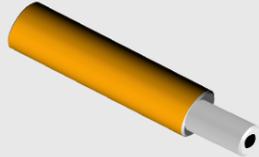
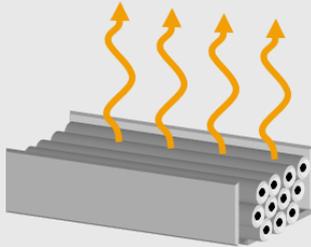


Weitere Informationen zu Mindestabständen finden Sie in der Norm [IEC 61784-53] bzw. [EN 50174-2].

Beachten Sie außerdem die Empfehlungen zur Kabelverlegung in Tabelle 6-3.

Tabelle 6-3: Empfehlungen zur Kabelverlegung

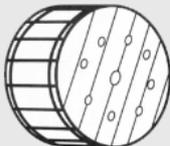
Empfehlung	Zeichnung
<p>Wenn sich Leitungen verschiedener Kategorien kreuzen müssen, sollten sie sich immer im rechten Winkel kreuzen. Versuchen Sie, die parallele Verlegung von Leitungen unterschiedlicher Kategorien auch über kurze Strecken zu vermeiden.</p>	
<p>Falls der Platz nicht ausreicht, um die erforderlichen Abstände zwischen Kabeln verschiedener Kategorien zu erreichen, müssen die Kabel in separaten, metallischen, leitenden Kanälen verlegt werden. Jeder Kanal sollte nur Kabel der gleichen Kategorie führen. Diese Kanäle können dann direkt nebeneinander verlegt werden.</p>	
<p>Wenn ein gemeinsamer metallischer Kabelkanal für alle Kategorien verwendet wird, halten Sie die in diesem Kapitel angegebenen Abstände ein. Falls der Platz dafür nicht ausreicht, müssen unterschiedliche Kabelkategorien durch metallische Trennstege getrennt werden. Diese Trennstege müssen großflächig elektrisch mit dem Kanal verbunden sein.</p>	
<p>Verbinden Sie metallisch leitende Kabeltrassen oder -kanäle mit dem Potentialausgleichssystem der Anlage.</p>	
<p>Verlegen Sie die Kabel in metallisch leitenden Kabeltrassen. Verbinden Sie die Stoßstellen der Kabeltrassen großflächig und leitfähigen. Achten Sie darauf, dass die Verbindung aus dem gleichen Material wie die Kabeltrasse besteht (keine Materialkombination).</p>	
<p>Wenn ein APL-Kabel nicht in einer Kabelrinne verlegt werden kann, verwenden Sie ein Kabelschutzrohr, um den mechanischen Schutz zu gewährleisten. In Bereichen mit starker mechanischer Beanspruchung verlegen Sie die APL-Kabel in metallischen Schutzrohren. In</p>	

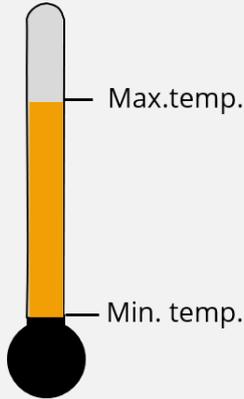
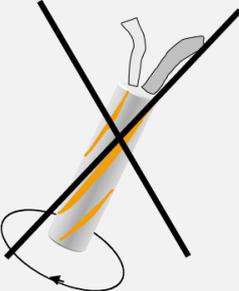
Empfehlung	Zeichnung
<p>Bereichen mit leichter bis mittlerer Beanspruchung können stattdessen Kunststoffschutzrohre verwendet werden.</p>	
<p>Bei 90°-Bögen oder Gebäudefugen (z. B. Dehnungsfugen) muss der Kabelschutz ggf. unterbrochen werden. Stellen Sie in solchen Fällen sicher, dass der minimale Biegeradius des APL-Kabels eingehalten wird. Stellen Sie außerdem sicher, dass das Kabel nicht beschädigt werden kann, z. B. durch herabfallende Teile.</p>	
<p>In Bereichen, in denen Personen treten oder klettern können, sollten APL-Kabel in Metallpanzerrohren oder Kabelrinnen verlegt werden</p>	
<p>Beachten Sie mögliche Wärmeabgaben bei der Verlegung einer größeren Anzahl von Leistungskabeln in einer Kabelwanne.</p>	

6.1.2 Anweisungen für den Kabelverlegungsprozess

Beachten Sie bei der Kabelverlegung die folgenden Empfehlungen in Tabelle 6-4.

Tabelle 6-4: Empfehlungen zur Kabelverlegung

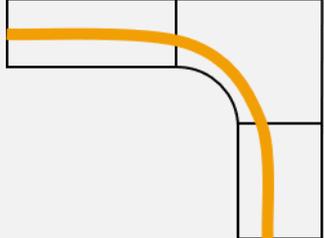
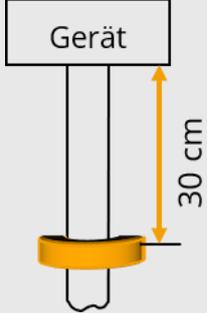
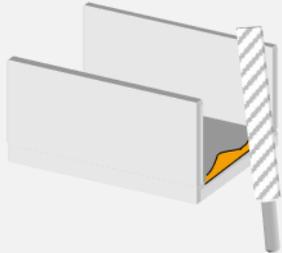
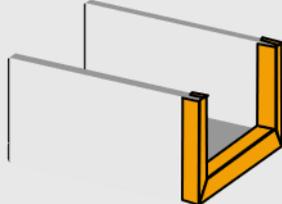
Empfehlung	Zeichnung
<p>Während des Transports, der Lagerung und der Installation müssen die APL-Kabel an beiden Enden mit einer Schrumpfkappe abgedichtet werden. Dies verhindert die Oxidation der einzelnen Adern und die Ansammlung von Feuchtigkeit und Schmutz im Inneren des APL-Kabels.</p>	
<p>Lagern und transportieren Sie die Kabeltrommel entsprechend der Abbildung (Seitenansicht), damit sich das aufgewickelte Kabel nicht verheddert.</p>	

Empfehlung	Zeichnung
<p>Die Temperaturangaben des Kabels finden Sie in den Datenblättern der Hersteller. Einige Hersteller drucken die Temperaturangaben auch auf den Kabelmantel. Der typische Temperaturbereich für APL-Kabel, die verlegt sind und keinen Bewegungen ausgesetzt sind, liegt normalerweise im Bereich von -20°C bis $+70^{\circ}\text{C}$. Einige APL-Kabel haben jedoch einen abweichenden Temperaturbereich.</p> <p>Sobald das Kabel mechanisch beansprucht wird, z. B. durch Bewegung oder bei der Installation, reduziert sich der Temperaturbereich deutlich. Beachten Sie die Hinweise des Herstellers.</p>	 <p>Max. temp.</p> <p>Min. temp.</p>
<p>Wickeln Sie das APL-Kabel nur mit der Hand vorsichtig von der Trommel ab.</p>	
<p>Wenden Sie keine Gewalt an, um das Kabel abzuziehen.</p>	
<p>Quetschen Sie das APL-Kabel nicht, z. B. indem Sie darüber laufen oder fahren. Vermeiden Sie eine übermäßige Belastung der APL-Kabel durch Druck, z. B. durch Quetschungen aufgrund unsachgemäßer Befestigung.</p>	
<p>Verformungen, insbesondere Verdrehungen, können die elektrischen Eigenschaften von APL-Kabeln verschlechtern. Verziehen oder verdrillen Sie daher APL-Kabel beim Abwickeln oder Verlegen nicht.</p>	
<p>Halten Sie den minimal zulässigen Biegeradius ein. Ein Unterschreiten des Mindestbiegeradius kann das APL-Kabel beschädigen. Entnehmen Sie die Angaben zum Biegeradius den Datenblättern der Hersteller. Für eine einzelne Biegung sollte der Biegeradius typischerweise nicht kleiner als das 10-fache des Kabeldurchmessers sein. Ist eine Mehrfachbiegung ($>10 \times$) zu</p>	

6.1.3 Mechanischer Schutz von APL-Kabeln

Beachten Sie die folgenden Empfehlungen in Tabelle 6-5, um den mechanischen Schutz der APL-Kabel zu gewährleisten.

Tabelle 6-5: Mechanischer Schutz von APL-Kabeln

Empfehlung	Zeichnung
Verwenden Sie, wann immer möglich, Kanäle oder Kabelkanäle mit Radius oder Fase. Dies hilft, ein Abknicken der Kabel zu verhindern.	
Bringen Sie für alle Kabel, die auf Zug beansprucht werden, ca. 30 cm von der Anschlussstelle entfernt eine Zugentlastung an. Montageteile für die Zugentlastung sind von verschiedenen Anbietern erhältlich.	
Scharfe Kanten können das APL-Kabel beschädigen. Entgraten Sie deshalb scharfe Kanten - z. B. die Schnittkanten von Kabelkanälen - mit einem Entgratungswerkzeug oder einer Feile.	
Verwenden Sie Kantenschutzwinkel aus Kunststoff zum Schutz von Kanten und Winkeln.	
Verwenden Sie am Ende des Kanals oder Kabelkanals Biegebegrenzungsteile in Richtung der Kabelführung. Dies hilft, ein Abknicken der Kabel zu verhindern.	

6.2 Anschließen der APL-Feldgeräte

APL unterstützt verschiedene Möglichkeiten, APL-Geräte anzuschließen. Diese sind:

- Schraub- oder Federklemmen
- M12-Steckverbinder
- M8-Steckverbinder (nur für Geräte mit nicht-eigensicheren Signalen)

Im Allgemeinen definiert das APL-Gerät (Feldgerät oder Field-Switch) die Anschlussstechnik. Die APL-Verdrahtung muss der von den Geräten definierten Anschlussstechnik folgen. Falls besondere Anforderungen an die Anschlussstechnik bestehen, müssen die APL-Geräte entsprechend ausgewählt werden. Abhängig von den gewählten Geräten kann es notwendig sein, verschiedene Anschlussstechniken über ein Kabel zu kombinieren. Zum Beispiel ein M12-Stecker auf der einen Seite des Kabels und ein Klemmenanschluss auf der anderen Seite.



Abbildung 6-1 Mögliche Farbzunordnung für APL-Kabel

Abbildung 6-1 zeigt eine mögliche Farbzunordnung für ein APL-Kabel. APL definiert die Signale "APL-Signal +", "APL-Signal -" und "Schirm (S)". Auch wenn der Schirm in der Regel mit einem großen Querschnitt durch eine Schelle mit dem Gehäuse oder einer Erdungsschiene verbunden werden soll, kann es in einigen Fällen vorkommen, dass die Geräte einen Anschluss über einen als "S" dargestellten Kabelschwanz benötigen.



Prüfen Sie die Herstellerangaben zu diesem Thema

Die Farbzunordnung rot = APL-Signal + und grün = APL-Signal -, ist nur ein Vorschlag. Andere Zuordnungen sind zulässig, es muss jedoch eine einheitliche Zuordnung in der gesamten Installation verwendet werden. Auch Adern mit identischen Farben sind möglich, wenn Nummern oder andere Bezeichner auf den Adern verwendet werden.

Die folgenden Verdrahtungsregeln sind zu beachten:

- Das Kabeladerpaar muss deutlich gekennzeichnete Leiter haben, die die einzelnen Leiter eindeutig identifizieren. An allen Anschlusspunkten muss eine einheitliche Polarität eingehalten werden.
- An den Anschlusspunkten und Inline-Verbindungspunkten des APL-Segmentkabels ist das Entfernen von Kabelmantel und Schirm bis zu einer Länge von 5 cm zulässig. In jedem Fall muss die Durchverbindung des Kabelschirms, im gesamten APL-Segment, erhalten bleiben.
- Die Verdrillung von ungeschirmten Aderpaaren sollte so nah wie möglich an die Klemme oder den Stecker eines Anschlusses herangeführt werden.

- ➔ An das APL-Segmentkabel angeschlossene Stichleitungen sind nicht zulässig, mit Ausnahme von maximal zwei, bis zu 10 cm langen Stichleitungen, die zum Anschluss von Auxiliary Devices (z. B. Überspannungsschutzgeräten) benötigt werden, wie in Kapitel 5.4 erläutert.
- ➔ Keiner der beiden Leiter des verdrehten Paares darf an irgendeinem Punkt des APL-Segments direkt mit dem Potenzialausgleichssystem/der Erde verbunden sein. Die Signale müssen im gesamten APL-Segment differenziell aufgelegt werden.

6.2.1 Direkter Anschluss eines APL-Geräts an ein APL-Kabel

Abbildung 6-2 zeigt den direkten Anschluss eines APL-Geräts an ein APL-Kabel über Schraub- oder Federzugklemmen und die jeweilige Kontaktbelegung. Schließen Sie die Signale entsprechend der Anschlussbelegung an. Werden mehrere APL-Signale über eine mehrpolige Klemme angeschlossen, z. B. an einer Klemmleiste im Schaltschrank, ist die wiederholte Reihenfolge von APL-Signal +, APL-Signal - und Schirm zu beachten.

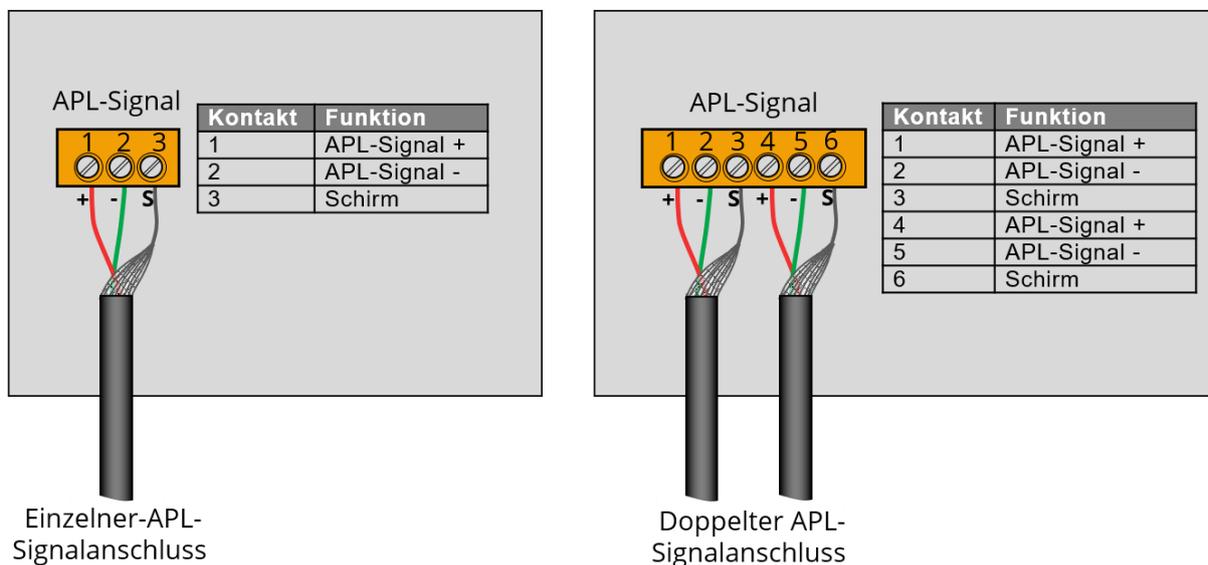


Abbildung 6-2: Direkter Anschluss eines APL-Geräts



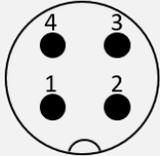
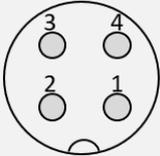
Die hier gegebenen Informationen sind generischer Natur, um einen Überblick über den Anschluss von APL-Geräten zu geben. Prüfen Sie die Herstellerinformationen Ihres Geräts in Bezug auf weitere Informationen.

Schließen Sie die Geräte gemäß den vorherigen Anweisungen an. Stellen Sie sicher, dass der Kontakt der Adern gut hergestellt ist und prüfen Sie, ob die Adern in der richtigen Reihenfolge befestigt sind.

6.2.2 Anschluss eines APL-Geräts mit M8- oder M12-Steckverbinder

Tabelle 6-6 zeigt die Kontaktbelegung und die Kontaktanordnung für 4-polige M12-Steckverbinder zum Anschluss von APL-Signalen. Schließen Sie die Adern für einen M12-gemäß Tabelle 6-6 an

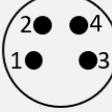
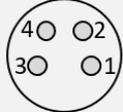
Tabelle 6-6: Kontaktbelegung für APL-Stecker und -Buchse M12 nach [IEC 61076-2-101-] A-codiert.

Kontakt	Funktion	Stecker, 4-polig	Buchse, 4-polig
1	APL-Signal -		
2	APL-Signal +		
3	Schirm (siehe Hinweis 1)		
4	Nicht verwendet		
Metallisches Steckergehäuse	Schirm		

Hinweis 1: Wenn eine Abschirmungsleitung verwendet wird

Tabelle 6-7 zeigt die die Kontaktbelegung und die Kontaktanordnung für 4-polige M8-Steckverbinder zum Anschluss von APL-Signalen.

Tabelle 6-7: Kontaktbelegung für APL-Stecker und -Buchse M8 nach [IEC 61076-2-104], A-kodiert

Kontakt	Funktion	Stecker, 4-polig	Buchse, 4-polig
1	APL-Signal -		
2	APL-Signal +		
3	Schirm (siehe Hinweis 1)		
4	Nicht verwendet		
Metallisches Steckergehäuse	Schirm		

Hinweis 1: Wenn eine Abschirmungsleitung verwendet wird.



Alle Kontakte, die in dieser Richtlinie als nicht verwendet definiert sind, dürfen nicht zur Signalisierung verwendet werden und müssen an allen APL-Ports unbeschaltet bleiben.



Informieren Sie sich in den Herstellerinformationen, wie der Kabelschirm mit dem Gerät verbunden werden muss.



Bei der Montage von M8- und M12-Steckverbindern muss besonders darauf geachtet werden, dass eine gute Abdichtung zwischen Steckergehäuse, Tülle und Kabel gewährleistet ist. Andernfalls führt das Eindringen von Wasser evtl. zur Störung und evtl. auch zum Ausfall der Kommunikation.

Schließen Sie die Geräte gemäß den vorherigen Anweisungen an. Stellen Sie sicher, dass der Kontakt der Adern gut hergestellt ist, und prüfen Sie, ob die Adern richtig befestigt sind.

6.2.3 Handhabung von Kabelschirmen

Verschiedene APL-Gerätetypen bieten unterschiedliche Möglichkeiten zum Anschluss des Kabelschirms an das Potenzialausgleichssystem. Abbildung 6-3 gibt einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zum Anschluss des Kabelschirms an das CBN.

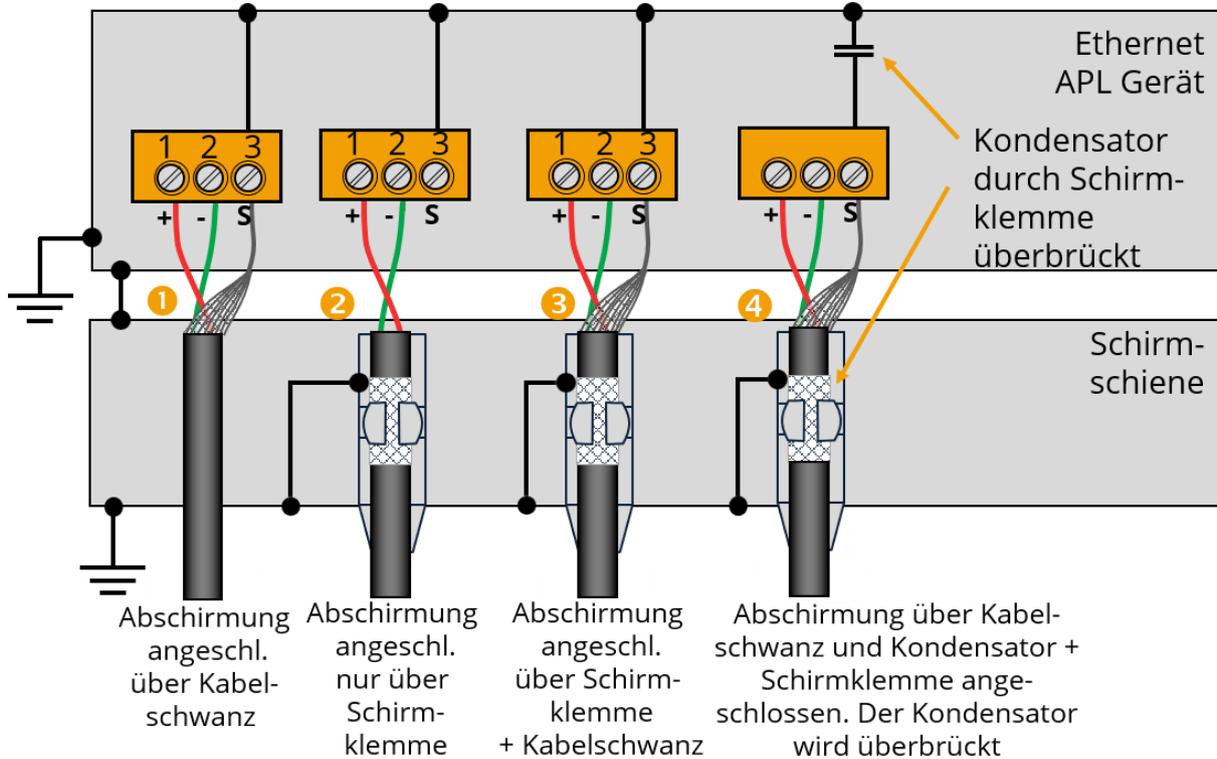


Abbildung 6-3: Alternativen zum Schirmanschluss an das CBN

Alternative 1: Der Schirm wird an Klemme Nr. 3 des APL-Steckers angeschlossen. Der Kabelschwanz fügt der Verbindung eine Induktivität hinzu und verschlechtert die Wirksamkeit des Kabelschirms. Die Verwendung einer zusätzlichen Schirmklemme gemäß Alternative 2 oder 3 sollte erwogen werden.

Alternative 2: Der Schirm wird mit einer Schirmklemme verbunden. Wenn es der Hersteller des APL-Gerätes erlaubt, kann der Kabelschwanz weggelassen werden. Das spart Zeit und Aufwand und reduziert die Impedanz zwischen Schirmanschluss und Potenzialausgleichssystem.

Alternative 3: Falls der Hersteller des Gerätes den Anschluss des Schirms an die Klemme Nr. 3 des Steckers vorschreibt, kann eine zusätzliche Schirmklemme die Impedanz der Verbindung zwischen dem Schirm und dem Potenzialausgleichssystem reduzieren.

Alternative 4: Einige Geräte haben einen fest installierten Kondensator zwischen Klemme Nr. 3 und dem CBN. Wenn eine direkte Verbindung zum CBN gewünscht wird, kann zusätzlich eine Schirmklammer verwendet werden. In diesem Fall wird der Kondensator durch die Schirmklemme überbrückt.

In Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre ist es manchmal notwendig, eine Seite des Schirms über einen Kondensator zu verbinden. Einige Geräte haben einen geeigneten Kondensator integriert.

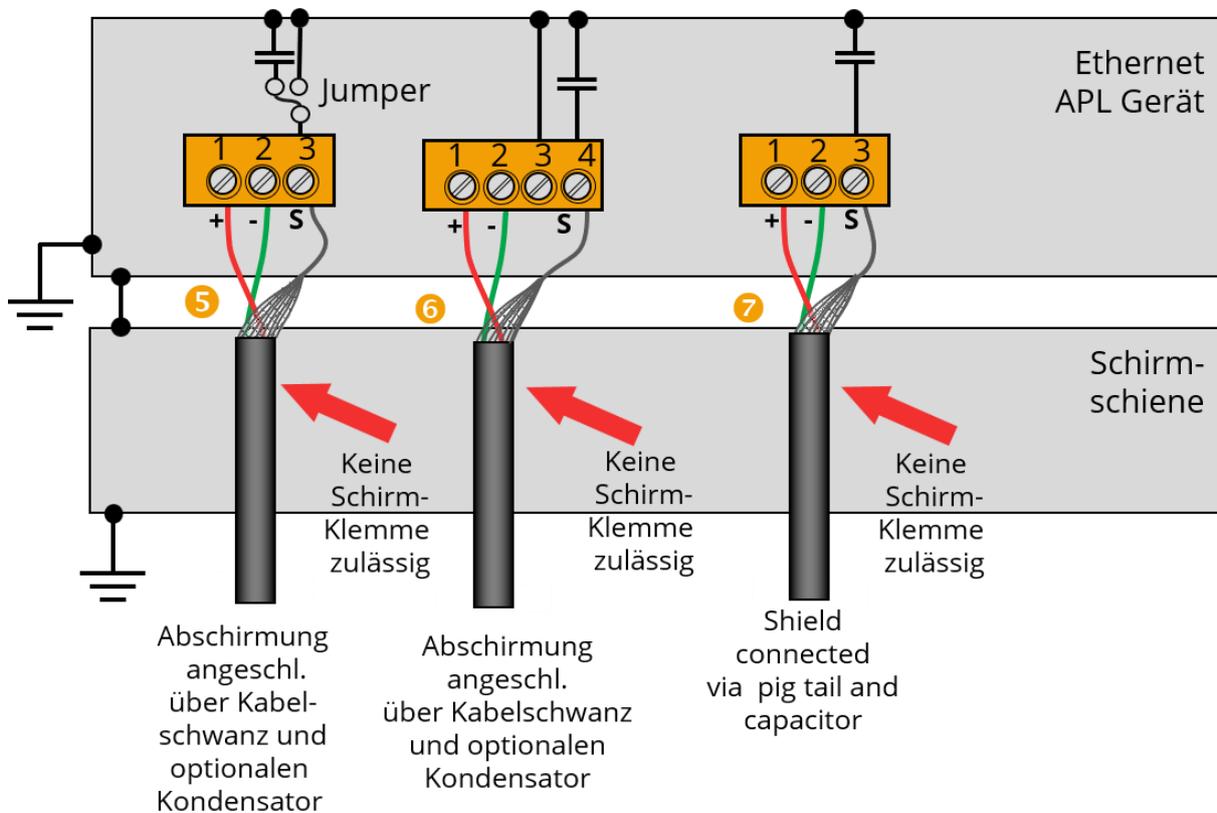


Abbildung 6-4: Alternativen zum Schirmanschluss über Kondensator

Alternative 5 zeigt eine Lösung, bei welcher der Kondensator über einen Jumper zugeschaltet werden kann. In diesem Fall ist keine Schirmklemme erlaubt, da diese den Kondensator überbrücken würde.

Alternative 6 : zeigt einen APL-Stecker mit vier Kontakten. Kontakt Nr. 4 sorgt in diesem Fall für den Schirmanschluss über einen Kondensator. „In diesem Fall ist keine Schirmklemme erlaubt, da diese den Kondensator überbrücken würde. Kontakt Nr. 3 stellt eine direkte Verbindung des Schirms mit dem CBN her. Hinweis: Eine Schirmklemme ist in diesem Fall zulässig.

Alternative 7 zeigt eine Lösung, bei der ein Kondensator an Pin 3 des APL-Anschlusses angeschlossen ist. Hinweis: In diesem Fall ist eine Schirmklemme nicht zulässig, da sie den Kondensator überbrücken würde.

Wählen Sie die Art der Schirmanbindung, die den Anforderungen Ihrer Anwendung und den Richtlinien Ihres Unternehmens entspricht. Falls der direkte Anschluss des Schirms an das CBN erlaubt ist, erlauben die Varianten mit den Schirmklammern eine niederohmige Anbindung des Schirms an das gemeinsame Potentialausgleichsnetzwerk und liefern aus EMV-Sicht gute Ergebnisse.



Prüfen Sie die Herstellerangaben, um den richtigen Schirmanschluss zu wählen.

M12- oder M8-Steckverbinder legen den Kabelschirm über das metallische Gehäuse des Steckverbinders auf. In diesem Fall muss ein guter Kontakt zwischen dem Kabelschirm und dem Steckverbindergehäuse gewährleistet sein. In einigen Fällen verwenden die Hersteller der Kontaktierung über das Gehäuse eine Schirmableitungsverbindung, die an Pin 3 des Steckverbinders angeschlossen wird. Das Kabel muss dann nach den Richtlinien des Herstellers angeschlossen werden.



Informieren Sie sich in den Herstellerinformationen, wie der Kabelschirm mit dem Gerät verbunden werden muss.

In Kapitel 5 finden Sie detaillierte Informationen zum Thema Funktionspotentialausgleich und Schirmung.

7 Abnahmetest von APL-Netzwerkinstallationen als erster Schritt der Inbetriebnahme



Der Abnahmetest soll sicherstellen, dass die Installation korrekt durchgeführt wurde, und er soll gewährleisten, dass die Inbetriebnahme der Anlage von einer definierten und stabilen Basis ausgehen kann.

Der Abnahmetest des APL-Netzwerks besteht aus den folgenden drei Schritten:

- Schritt 1: Sichtprüfung der Verkabelung und der Steckverbinder
- Schritt 2: Kabelmessungen
- Schritt 3: Basis-Check ohne Automatisierungssystem

Um die Abnahmeprüfung und die Inbetriebnahme der Anlage zu entkoppeln, sind diese Tests so gestaltet, dass die Prüfungen nur mit einfachen Messwerkzeugen durchgeführt werden können, und zwar ohne, dass die Steuerung vorhanden und in Betrieb ist. Die Checklisten in den folgenden Kapiteln sollen einen Überblick geben, wie solche Prüfungen durchgeführt werden können. Es wird empfohlen, dass Unternehmen die Punkte aus der Checkliste entsprechend ihrer Bedürfnisse auswählen. Die zusätzlichen Anforderungen für Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen werden hier nicht behandelt und sind gemäß [IEC 60079- 17] oder den nationalen Vorschriften zu behandeln.

7.1 Sichtprüfung der Installation

Der erste Schritt kann durch eine Sichtprüfung und anhand der Planungsunterlagen durchgeführt werden. Die Hauptziele dieses Schrittes sind, sicherzustellen und zu überprüfen, dass die Installation gemäß den Plänen erfolgt und dass die Kabel unbeschädigt und gemäß den Richtlinien verlegt sind. Es sollte eine Sichtprüfung gemäß Tabelle 7-1 durchgeführt werden. Abweichungen zwischen Planung und Installation sollten festgestellt und korrigiert oder in der Dokumentation gekennzeichnet werden.

Tabelle 7-1: Checkliste für die Sichtprüfung der APL-Installation

Nr.	Zu prüfendes Element	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Check
1.	Kabel nach Plan verlegt?	Für spätere Wartungsarbeiten ist es entscheidend, dass Planung und Installation übereinstimmen.	
2.	Kabeltyp und Leitungsquerschnitt nach Plan verlegt? Werte der Tabelle 4-3 eingehalten?	APL erfordert Kabeltypen gemäß Tabelle 4-3. Die Verwendung eines anderen Kabels kann den Betrieb des APL-Netzwerks beeinträchtigen.	
3.	Verwendete Steckverbinder entsprechend der Planung (Open End, M12, M8)?	In einigen Fällen können die APL-Geräte noch nicht installiert sein. Daher sollte geprüft werden, ob die definierten Anschlüsse vorhanden sind. Bei bereits installierten Geräten kann dieser Punkt übersprungen werden.	

Nr.	Zu prüfendes Element	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Check
4.	APL-Kabel unbeschädigt?	Beschädigungen am Kabel (defekte Isolierung, Knicke, Quetschungen) können die Übertragungsqualität des APL-Signals beeinträchtigen. Beschädigte Kabel sollten ausgetauscht werden.	
5.	Biegeradius eingehalten?	Ein zu enger Biegeradius führt zu unerwünschten Reflexionen des APL-Signals und beeinträchtigt die Übertragungsqualität.	
6.	Kabelkreuzungen mit Leistungskabeln im rechten Winkel?	Dadurch wird die EMV der Anlage verbessert	
7.	Scharfe Kanten an der Kabeltrasse entfernt oder abgedeckt?	Scharfe Kanten können während des Betriebs der Anlage eine Beeinträchtigung der Kabelisolierung verursachen.	
8.	Vorkehrungen gegen mechanische Beschädigungen an kritischen Stellen getroffen? (z. B. an Wanddurchführungen)	Verkabelungen, die mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind, benötigen eventuell einen zusätzlichen Schutz.	
9.	Zugentlastung eingebaut und befestigt?	Bei Zugbeanspruchung der Verkabelung schützt eine Zugentlastung das Kabel zusätzlich.	
10.	Schutzkappen für nicht benutzte Kabeleinführungen installiert?	Alle nicht benutzten Kabeleinführungen von Geräten sollten mit Schutzkappen verschlossen werden, um Staub- und Feuchtigkeitseintritt ins Inneren des Gehäuses zu vermeiden.	
11.	Potentialausgleich nach den geltenden Vorschriften durchgeführt?	Der Potentialausgleich ist sowohl für eine gute EMV als auch für die Sicherheit in explosionsgefährdeten Bereichen entscheidend. Siehe Kapitel 5 für weitere Informationen.	
12.	Kabelschirm an den APL-Schaltern und -Geräten aufgelegt und mit dem Potentialausgleichssystem verbunden?	Vorzugsweise sollte der Kabelschirm an beiden Enden des Kabels mit dem Potentialausgleichssystem verbunden werden. Für explosionsgefährdete Bereiche oder wenn ein Potentialausgleichssystem nicht realisiert werden kann, gelten besondere Regeln. Siehe Kapitel 5 für weitere Informationen.	
13.	Kabelbahnen an Potentialausgleichssystem angeschlossen?	Alle metallischen Konstruktionsteile der Anlage sollten in das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) eingebunden werden. Siehe Kapitel 5 für weitere Informationen.	
14.	Verkabelung und Geräte beschriftet und gekennzeichnet?	Die Kennzeichnung von Geräten und Kabeln erleichtert die Fehlersuche während des Betriebs der Anlage und reduziert dadurch die Gesamtbetriebskosten während der Lebensdauer der Anlage.	
15.	Freier APL-Port für Diagnoseanschluss beschriftet?	Mindestens ein unbenutzter Port sollte unbenutzt bleiben und als Zugangspunkt für Diagnosetools gekennzeichnet und beschriftet sein. Siehe Kapitel 4.7.	
16.	Energieverteilung gemäß Strukturplan verdrahtet (Korrekte Zuordnung von 24 V / 230 V/sonst.)? Ver-	Die Elektroinstallation sollte im Hinblick auf unerwünschte Mehrfachverbindungen zwischen dem N-Leiter und dem CBN (230 V-Installationen) und zwischen	

Nr.	Zu prüfendes Element	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Check
	bindungen zwischen N und PE geprüft. Verbindungen zwischen DC-Minus und CBN geprüft?	dem Minuspol der DC-Versorgung und dem CBN überprüft werden. Siehe Kapitel 10.3 für weitere Informationen.	
17.	Maximale Anzahl von Inline-Verbindungen eingehalten?	Die APL-Inline-Verbindung ist z. B. eine Abzweigdose oder ein Kabel-zu-Kabel-Verbinder, mit dem zwei Kabelsegmente miteinander verbunden werden. Da beide Komponenten dem Netzwerksegment Reflexionen und Einfügungsdämpfung hinzufügen, muss ihre Anzahl gemäß Tabelle 4-6 begrenzt werden.	
18.	Maximale Anzahl von Auxiliary-Devices und Inline-Connections pro Segment eingehalten?	Siehe Tabelle 4-6.	

7.2 Kabelmessungen

Um die Integrität der APL-Verkabelung und die maximalen Längen der Trunk- und Spurleitungen zu überprüfen, kann ein Kabelmessgerät verwendet werden. Die Funktionalität solcher Geräte variiert. Typische Funktionen sind:

- Längenmessung von Kabeln
- Identifizierung von kurzgeschlossenen oder offenen Adern
- Lokalisierung des Ortes eines Kabelbruchs
- Messung der Einfügedämpfung und zugehöriger Signalparameter

Bei der Abnahmeprüfung sollte die Integrität der Verkabelung gemessen und für die spätere Verwendung und Fehlersuche während des Betriebs der Anlage dokumentiert werden. Die Messungen können gemäß Tabelle 7-2 durchgeführt werden.

Tabelle 7-2: Checkliste für Kabelmessungen

Nr.	Zu prüfendes Element	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Check
1.	Maximale Länge 200 m für Spurs geprüft	Bei Überschreitung der Spur-Länge kann der Betrieb des APL-Netzwerks beeinträchtigt werden.	
2.	Maximale Länge für alle gespeisten Trunks gemäß Planung verifiziert	Die Länge eines gespeisten Trunks hängt von der Belastung und dem Querschnitt des Kabels ab. Siehe Kapitel 4.2.2 und Anhang 10.2.	
3.	Integrität des Kabels geprüft	Die Integrität des Kabels kann gemessen werden, um Kurzschlüsse, offene Adern usw. zu finden.	
4.	Messung der elektrischen Parameter des Kabels	Siehe Kapitel 4.1.4. Diese Messung ist besonders dann von Vorteil, wenn eine bestehende Installation wiederverwendet wird.	

7.3 Basis-Check ohne Automatisierungssystem

Der Basis-Check ohne Automatisierungssystem nutzt einen Standard-PC /Laptop oder ein Netzwerküberwachungssystem. Schalten Sie das APL-Segment ein und testen Sie die Funktion der APL-Geräte z. B. mit einem Netzwerküberwachungssystem. Der Vorteil eines solchen Tests ist, dass überprüft werden kann, ob zumindest eine Verbindung zum Gerät möglich ist. Die Informationen, die ein solcher Test liefert, hängen vom verwendeten Tool ab und können variieren. Er kann als optionaler Test ausgeführt werden, um die Inbetriebnahmephase zu beschleunigen. Tabelle 7-3 gibt einen Überblick über die möglichen Tests.

Tabelle 7-3: Checkliste für den Basis-Test ohne Steuerungssystem

Nr.	Zu prüfendes Element	Erläuterung / zusätzliche Informationen	Art der Prüfung
1	Sind alle Power-Switches und Field-Switches eingeschaltet?	Normalerweise haben die Switches Leuchtanzeigen, die die Energieversorgung und den Status der Verbindung anzeigen (Verbindungsanzeigen).	empfohlen
2	Sind alle APL-Geräte im Überwachungssystem sichtbar?	Dieser Test ist abhängig von dem verwendeten Werkzeug. Ziel dieses Tests ist es, ein "Alive-Signal" von allen APL-Geräten zu erhalten	optional
3	Nur für gespeiste Trunks: Wie hoch ist die Versorgungsspannung am Eingang jedes Field-Switches in einer Leitung.	Der Widerstand des Netzkabels verursacht einen Spannungsabfall entlang des Netzkabels. Es ist daher sinnvoll zu prüfen, ob die Versorgungsspannung an jedem Field-Switch ausreichend ist (minimale Betriebsspannung plus Reserve)	optional

Nach diesen Abnahmetests kann die Inbetriebnahme des APL-Segments beginnen.

8 Migration von bestehenden Installationen

Dieser Abschnitt beschreibt die Migration von bestehenden Automatisierungslösungen zu einer Ethernet-APL-basierten Lösung. Es werden drei Anwendungsfälle diskutiert:

- System mit zentralem I/O, 4 ... 20 mA-Feldgeräten, Rangierverteiler und Unterverteilern
- System mit Remote I/O, 4 ... 20-mA-Feldgeräten an das Remote I/O angeschlossen
- System mit einem Feldbus wie PROFIBUS PA oder Foundation Fieldbus H1

Für jeden dieser Anwendungsfälle wird ein Vorschlag unterbreitet, wie das bestehende System migriert werden kann.



Im Falle einer Kabelwiederverwendung: Berücksichtigen Sie immer das Alter sowie die zu erwartende Lebensdauer eines Kabels und prüfen Sie die Eignung des Kabels für das APL-Netzwerk und ob das Kabel gemäß der in Tabelle 4-3 definierten Kabelkategorien einsetzbar ist.

8.1 Migration des Systems mit zentralem IO und Rangierverteiler

Abbildung 8-1 zeigt ein Automatisierungssystem mit einem zentralen IO, das direkt an den Controller angeschlossen ist. Der Controller ist mit IO-Modulen ausgestattet, in diesem Fall mit 4 ... 20 mA Schnittstellen.

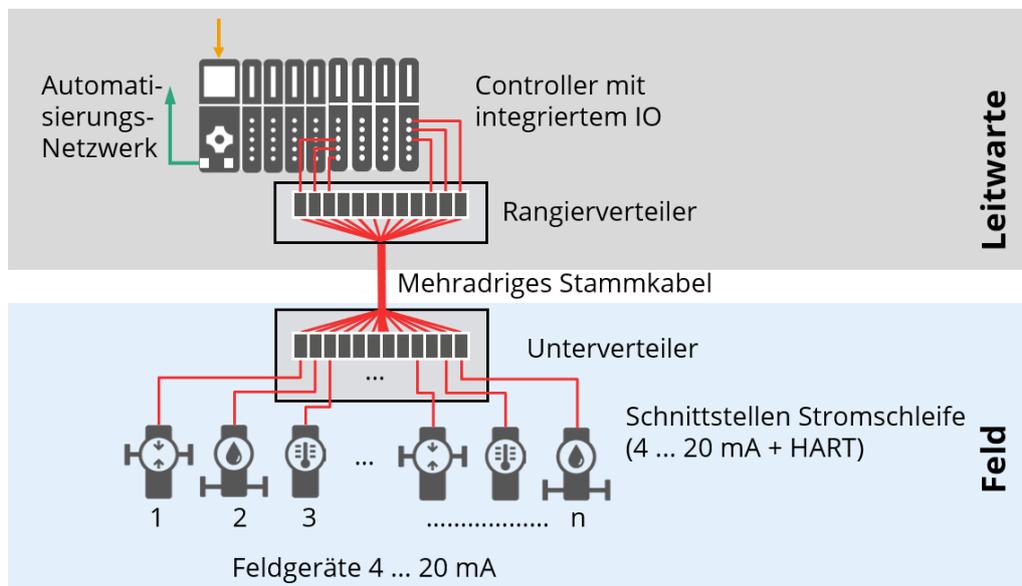


Abbildung 8-1: Zu migrierendes Automatisierungssystem mit zentralem I/O

Die I/O-Verkabelung wird von den Sensoren im Feld über einen Unterverteiler, ein mehradriges Stammkabel und einen Rangierverteiler zu den I/O-Modulen des Controllers in der Leitwarte geführt. Evtl. wird für Teile der Anlage eine ungeschirmte Verkabelung verwendet.

Bei der Migration eines solchen Systems ist zu beachten, dass APL-Signale nicht über mehradrige Stammkabel geführt werden dürfen. Daher muss das Stammkabel ersetzt werden. Die Verkabelung der Geräte muss überprüft werden. Wenn sie der Spezifikation in Tabelle 4-3 entspricht, kann sie wiederverwendet werden. Andernfalls müssen auch diese Kabel ausgetauscht werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das System auf APL zu migrieren. Gemäß Kapitel 4.2 gibt es drei Möglichkeiten, das APL-System einzurichten: gespeister Trunk oder Industrial-Ethernet-Verbindung bis zu den Feld-Switches.

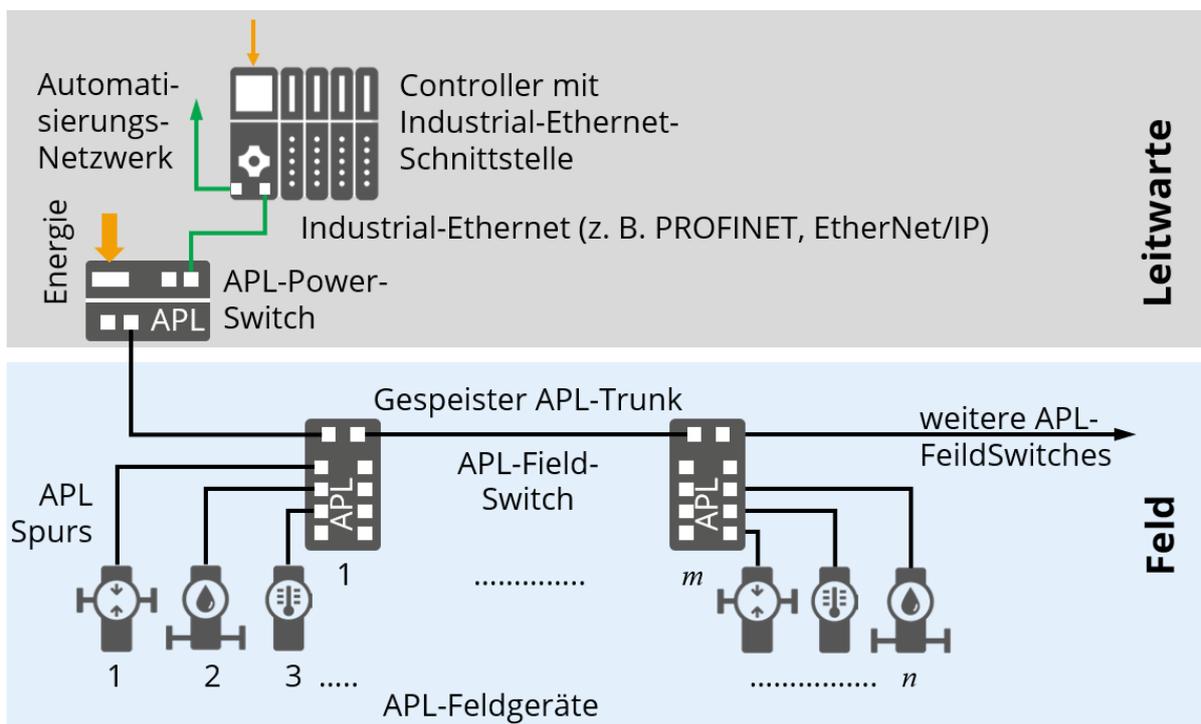


Abbildung 8-2: Migrationsvorschlag für Controller mit zentralem I/O

Abbildung 8-2 zeigt eine der möglichen Migrationen. Die vorhandene Verkabelung wurde durch eine APL-Verkabelung mit Eigenschaften gemäß Tabelle 4-3 erneuert. Die APL-Feldgeräte (1 bis n) sind über APL-Spurs mit (1 bis m) APL-Field-Switches verbunden. Da davon ausgegangen wird, dass im Feld keine Hilfsenergie vorhanden ist, wurde ein gespeister Trunk gewählt. Der APL-Field-Switch ist über einen gespeisten APL-Trunk mit dem APL-Power-Switch in der Leitwarte verbunden.



Dies ist eine von vielen Möglichkeiten, das System einzurichten. Andere Alternativen sind möglich. Siehe Kapitel 4.2.

8.2 Migration des Systems mit Remote I/O

Abbildung 8-3 zeigt ein System mit Remote I/O, das über Feldbus, z. B. PROFIBUS, mit einer Anzahl von n 4 ... 20 mA-Geräten verbunden ist. Da die Impedanz des PROFIBUS-DP-Kommunikationskabels von der des APL-Kabels abweicht, kann dieses Kabel nicht wiederverwendet werden.

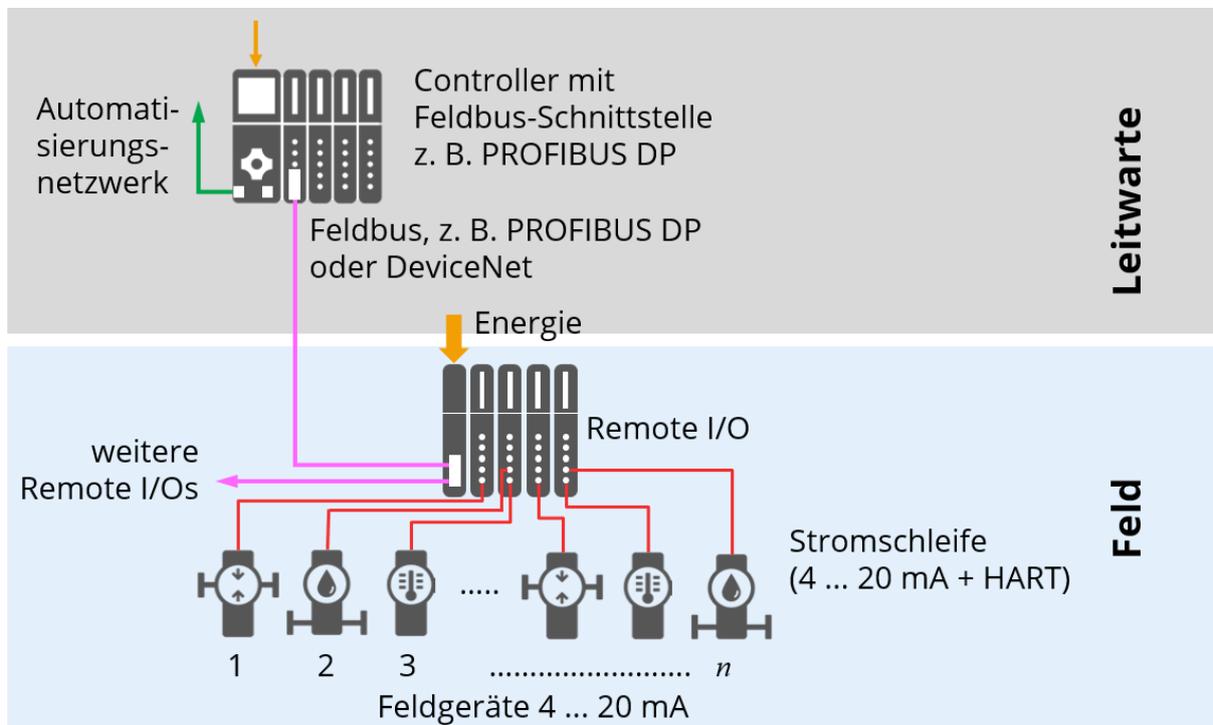


Abbildung 8-3: Traditionelle Systemarchitektur mit zu migrierendem Remote-I/O

Die Verkabelung der Geräte muss überprüft werden. Wenn sie der Spezifikation in Tabelle 4-3 entspricht, kann sie wiederverwendet werden. Andernfalls müssen diese Kabel ausgetauscht werden.

Gemäß Kapitel 4.2 gibt es drei Möglichkeiten, das APL-System einzurichten: Gespeister Trunk oder Automatisierungsnetzwerk mit LWL-Verbindung bis zu den Feld-Switches. Generell kann auch hier die in Abbildung 8-2 gezeigte Migrationslösung angewendet werden. Da bereits eine Hilfsspannung im Feld vorhanden ist, wäre zur Versorgung des Remote IO auch ein Aufbau nach Abbildung 8-4 möglich. Der Controller muss auf eine Version mit Industrial-Ethernet-Schnittstelle aufgerüstet werden.

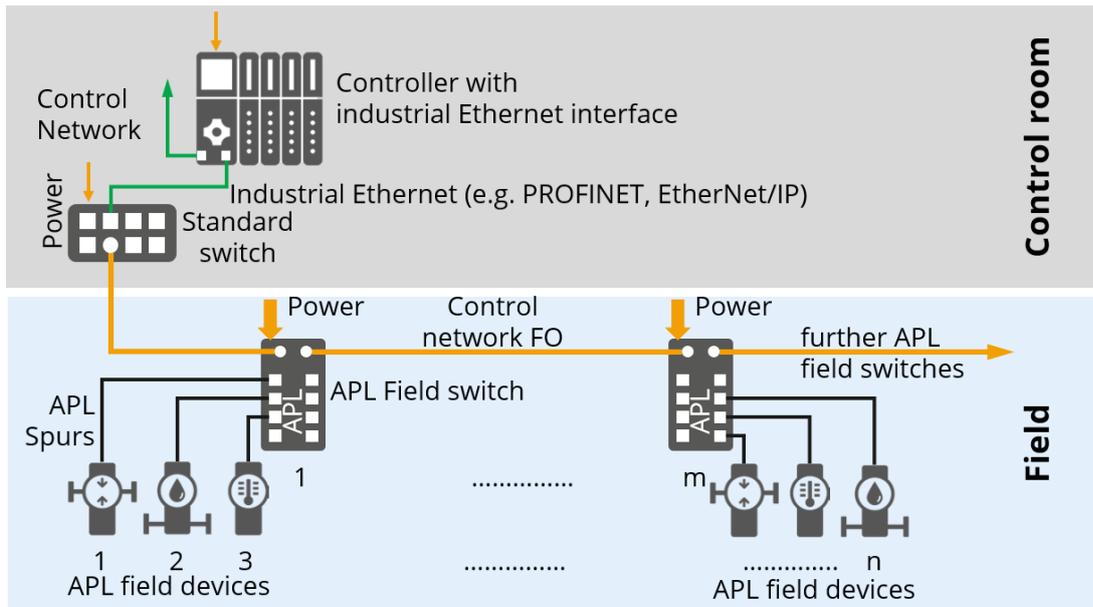


Abbildung 8-4: Migrationsvorschlag für Steuerung mit Remote IO

In diesem Fall läuft das Automatisierungsnetzwerk über einen Lichtwellenleiter direkt zu den APL-Feld-Switches. Ein APL-Trunk wird nicht verwendet. Die Field-Switches müssen mit einer Hilfsenergie versorgt werden.

Parallel dazu ist auch eine Migration mit einem gespeisten Trunk, gemäß Abbildung 8-2 möglich.



Dies ist eine von vielen Möglichkeiten, das System einzurichten. Andere Alternativen sind möglich. Siehe Kapitel 4.2.

8.3 Migration einer Anlage mit Feldbus FF-H1

APL kann auch zur Migration von bestehenden Feldbusinstallationen auf Basis von Foundation Fieldbus H1 (FF-H1) verwendet werden.

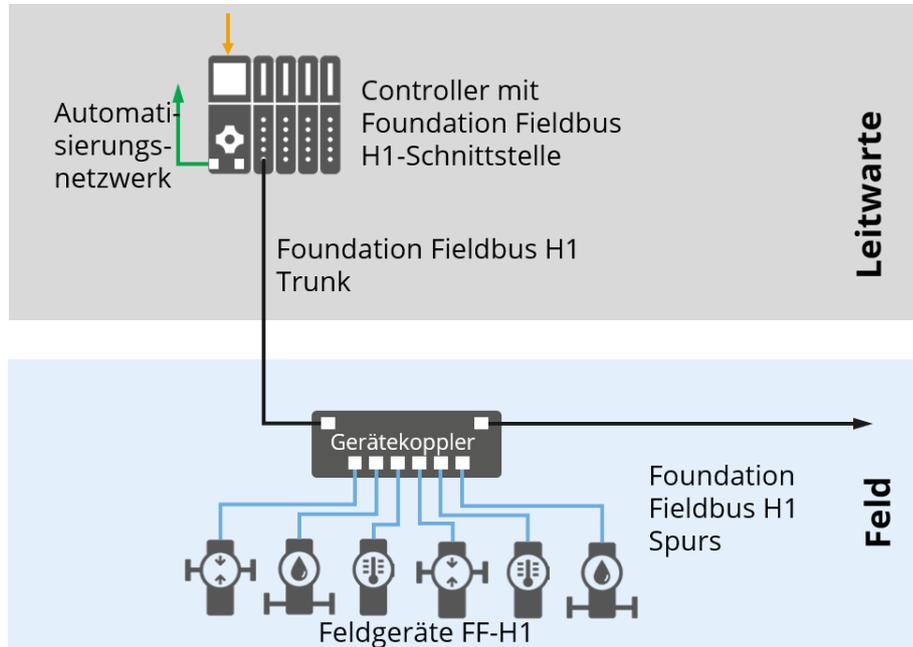


Abbildung 8-5: Zu migrierendes Steuerungssystem mit Foundation Fieldbus H1

Abbildung 8-5 zeigt ein auf Foundation Fieldbus H1 basierendes System. Der Controller ist mit einem FF-H1-Schnittstellenmodul ausgestattet. Von dort läuft der FF-H1-Trunk ins Feld. Ein Trenngerätekoppler dient als Verteilerkasten und begrenzt außerdem die Spannungen und Ströme auf den Stichleitungen. Da das FF-H1-Kabel in der Regel die gleichen Parameter wie das APL-Kabel hat (siehe Tabelle 4-3), kann die vorhandene Verkabelung wiederverwendet werden.

Die vorgeschlagene Migrationslösung wäre die gleiche wie in Abbildung 8-2: Migrationsvorschlag für Controller mit zentralem I/O

oder Abbildung 8-4. Der Controller muss auf eine Version mit Industrial-Ethernet-Schnittstelle aufgerüstet werden. Der Controller muss auf eine Version mit Industrial-Ethernet-Schnittstelle aufgerüstet werden.



Dies ist eine von vielen Möglichkeiten, das System einzurichten. Andere Alternativen sind möglich. Siehe Kapitel 4.2.

8.4 Migration einer Anlage mit Feldbus PROFIBUS PA

Abbildung 8-6 zeigt ein System auf Basis von PROFIBUS DP und PA, das migriert werden soll. Der Controller ist mit einer PROFIBUS-DP-Schnittstelle ausgestattet. Ein PROFIBUS-DP-zu-PA-Konverter (DP/PA-Link) wandelt das PROFIBUS-DP-Signal in ein PROFIBUS-PA-Signal um. Das PROFIBUS-PA-Signal läuft dann ins Feld. Zur Strom- und Spannungsbegrenzung für die eigensicheren PROFIBUS-PA-Stichleitungen dient ein Gerätekoppler mit galvanischer Trennung.

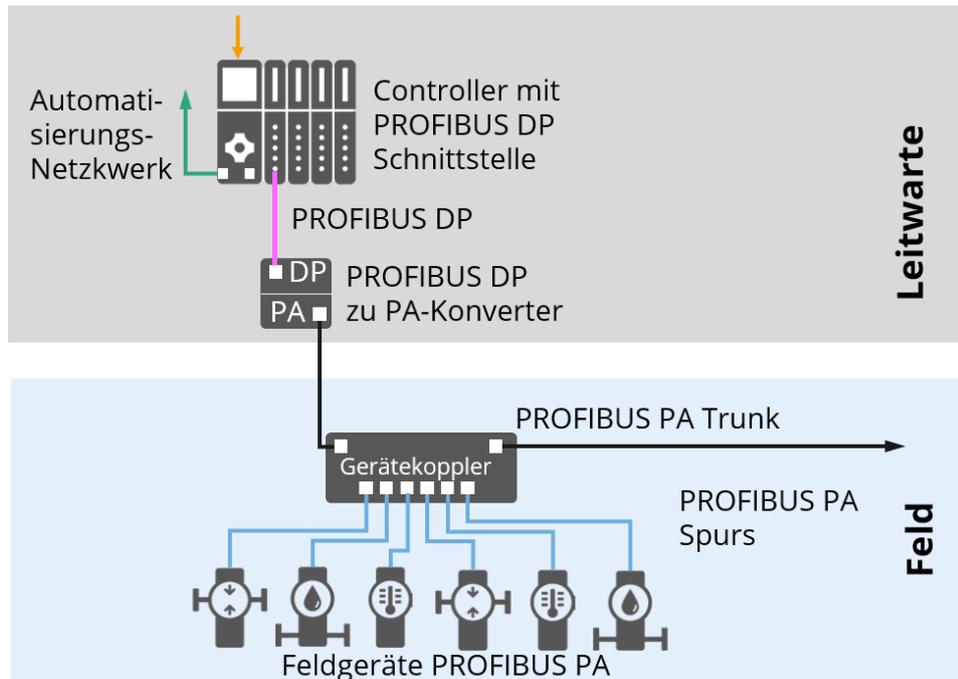


Abbildung 8-6: Zu migrierendes Steuerungssystem mit PROFIBUS PA

Die vorgeschlagene Migrationslösung wäre die gleiche, wie in Abbildung 8-2 oder Abbildung 8-4. Der Controller muss auf eine Version mit Industrial-Ethernet-Schnittstelle aufgerüstet werden.



Dies ist eine von vielen Möglichkeiten, das System einzurichten. Andere Alternativen sind möglich. Siehe Kapitel 4.2.

9 Glossar

In Tabelle 9-1 werden die wichtigsten in diesem Dokument verwendeten Begriffe erläutert.

Tabelle 9-1: Glossar

Begriff	Erläuterung
2-WISE	2-WISE ist das „2-Wire Intrinsically Safe Ethernet-Konzept“ für APL, das den Prüfprozess für sicherheitstechnische Parameter (Entity-Parameter) von Komponenten und sicherheitstechnische Parameter von Kabeln innerhalb von APL-Segmenten vereinfachen soll. Dies wird erreicht, indem universelle Entity-Parameter-Grenzwerte für APL-Ports je nach Standort und Art der explosionsgefährdeten Atmosphäre definiert werden und ein übersichtliches Regelwerk für den Aufbau des Segments aufgeführt wird. 2-WISE ist in [IEC TS 60079-47] genormt.
Abnahmetest	Test zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Installation eines APL-Netzwerks. Dies ist ein Prozess vor der Inbetriebnahme des Systems.
Advanced Physical Layer	Der Ethernet-Advanced-Physical-Layer (APL, Ethernet-APL) basiert auf dem 10BASE-T1L Physical Layer, spezifiziert in [IEEE 802.3cg]. Zusätzliche Spezifikationen für den Einsatz in der Prozessindustrie sind in der APL-Dokumentation enthalten, wie z. B. in der Ethernet-APL Port-Profile-Specification [APS2021].
APL-Field-Switch	Ein APL-Field-Switch ist ein APL-Switch mit mindestens einem Port, an den ein APL-Spur angeschlossen werden kann.
APL-Inline-Verbindung	Eine APL-Inline-Verbindung ist eine passive Komponente, die zum Verbinden von APL-Kabeln verwendet wird.
APL-Port	Die elektrische und mechanische Schnittstelle eines Geräts zu einem APL-Segment. Ein 10BASE-T1L-kompatibler PHY bildet die Kommunikationsschnittstelle.
APL-Power-Switch	Ein APL-Power-Switch ist ein Switch mit mindestens einem Port, der Energie in eine Leitung einspeist.
APL Schutzklasse für Eigensicherheit	Bezeichner zur Angabe der Ex-Eigenschaften eines APL Ports. Wird in diesem Dokument nicht verwendet.
APL-Segment	Ein APL-Segment ist die komplette elektrische Verbindung einschließlich zweier APL-Ports. Es besteht aus zwei APL-Ports, die an jedem Ende eines zweiadrigen, geschirmten Kabels angeschlossen sind, das optional mit maximal zwei Auxiliary-Devices ausgestattet ist und bis zu 10 Inline-Verbindungen enthält. Ein APL-Segment ist entweder ein Trunk oder eine Spur.
APL-Spur	Ein APL-Spur ist ein APL-Segment mit einer maximalen Kabellänge von 200 m, optional ausgestattet mit maximal zwei Auxiliary-Devices und bis zu 4 Inline-Verbindungen. Typischerweise verbindet eine Stichleitung ein Feldgerät mit einem Field-Switch.
APL-Switch	Ein APL-Switch ist ein Ethernet-Switch mit mindestens einem APL-kompatiblen Port.
APL-Trunk	Ein Trunk ist ein APL-Segment mit einer maximalen Kabellänge von 1 000 m, optional ausgestattet mit maximal zwei Auxiliary Devices und bis zu 10 Inline-Verbindungen.

Begriff	Erläuterung
Automatisierungsnetzwerk	Ein auf Industrial Ethernet basierendes Netzwerk, das typischerweise die Controller (SPSen) mit den IO-Geräten wie Remote-IOs, Frequenzumrichtern usw. verbindet. APL-Power-Switches sind mit dem Automatisierungsnetzwerk verbunden.
Auxiliary-Device	Ein Gerät, das innerhalb eines APL-Segments angeschlossen ist und keinen 10BASE-T1L PHY enthält, kann z. B. eine Leistungslast enthalten oder Einfügungsverluste für das Kommunikationssignal verursachen. Ein Überspannungsschutz ist ein Beispiel für ein Zusatzgerät.
Common-Bonding-Network (CBN)	Potentialausgleichssystem, das sowohl Schutzpotentialausgleich als auch Funktionspotentialausgleich bietet. Siehe detaillierte Definitionen in Tabelle 5-1.
Controller	Ein Gerät, das den IO-Datenverkehr initiiert und die Programmlogik ausführt.
Eigensicherheit (Ex i)	Zündschutzart, die darauf beruht, dass die elektrische Energie innerhalb des Betriebsmittels und der Verbindungsleitungen, die der explosionsfähigen Atmosphäre ausgesetzt sind, auf ein Niveau begrenzt wird, das unterhalb des Niveaus liegt, das eine Zündung entweder durch Funkenbildung oder durch Erwärmung verursachen kann.
EMI	Elektromagnetische Interferenz . Eine elektromagnetische Störung, die die effektive Leistung von elektronischen/elektrischen Geräten unterbricht, behindert oder anderweitig beeinträchtigt oder einschränkt.
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit . Fähigkeit eines Systems oder einer Komponente, in seiner elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne unzulässige elektromagnetische Störungen in dieser Umgebung hervorzurufen.
Engineering-Arbeitsplatz	Arbeitsplatz zur Konfiguration der Controller, Netzwerkkomponenten und Remote-IOs oder eventuell auch der Bedienerkonsole.
Erhöhte Sicherheit (Ex e)	Schutzart für elektrische Betriebsmittel, bei der zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um eine erhöhte Sicherheit gegen die Möglichkeit von überhöhten Temperaturen und das Auftreten von Lichtbögen und Funken im normalen Betrieb und unter bestimmten anormalen Bedingungen zu gewährleisten.
Ethernet	Datenübertragungssystem. Siehe [IEEE 802.3] für weitere Informationen.
Ethernet-Advanced-Physical-Layer	Siehe Advanced-Physical-Layer
Ethernet-APL	Siehe Advanced-Physical-Layer.
Ex e	Siehe erhöhte Sicherheit.
Ex i	Siehe Eigensicherheit.
Explosionsfähige Atmosphäre	Bereich, in dem mit der Gefahr einer Explosion gerechnet werden muss.
Feldbus	Kommunikationssystem für digitale Echtzeitkommunikation in Automatisierungssystemen.
Feldgerät	Gerät, die mit der Feldseite eines Steuerungssystems verbunden sind. Zu den Arten von Feldgeräten gehören Aktoren und Sensoren.
Field-Switch	Siehe APL-Field-Switch.
Funktionspotentialausgleich	Potentialausgleich aus betrieblichen Gründen, der nicht der Sicherheit dient.

Begriff	Erläuterung
Gerätegruppe	<p>System zur Klassifizierung von Geräten hinsichtlich ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen Die IEC 60079-0 legt drei Gerätegruppen fest:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gruppe I: Geräte, die zur Verwendung in schlagwettergefährdeten Gruben bestimmt sind. ➤ Gruppe II: Unterteilt in die Gruppen IIIA, IIB und IIC, Geräte, die für den Betrieb in Bereichen bestimmt sind, in denen mit explosionsfähiger Gasatmosphäre zu rechnen ist, mit Ausnahme von schlagwettergefährdeten Gruben; ➤ Gruppe III: unterteilt in die Gruppen IIIA, IIIB und IIIC, Geräte, die für den Betrieb in Bereichen vorgesehen sind, in denen mit staubiger Atmosphäre zu rechnen ist, mit Ausnahme von schlagwettergefährdeten Gruben.
Gerätekoppler mit galvanischer Trennung	Wird für PROFIBUS PA und Foundation-Fieldbus-H1 verwendet. Begrenzt die Spannung und den Strom auf den Stickleitungen.
Gespeister-APL-Trunk	APL-Segment, das die APL-Field-Switches miteinander verbindet und die Energie und die Daten vom APL-Power-Switch an die APL-Field-Switches überträgt.
Haupterdungsklemme	Auch: Haupterdungssammelschiene / Haupterdungsklemme / Haupterdungssammelschiene: Klemme oder Sammelschiene, die Teil der Erdungsanordnung einer Anlage ist und die elektrische Verbindung einer Anzahl von Leitern zu Erdungszwecken ermöglicht.
Hilfsenergie	Energie, der zur Versorgung von Komponenten des Automatisierungssystems einschließlich Netzwerkkomponenten bereitgestellt wird. Häufig verwendete Spannungen sind 110 V AC, 220 V AC oder 24 V DC.
Hilfsenergieversorgung	Dient zur Versorgung von Geräten mit Hilfsenergie. Wandelt z. B. 230 V AC in 24 V DC um. Andere Primär- und Sekundärspannungen sind möglich.
Industrial-Ethernet	Ethernet in einer industriellen Umgebung, welches Echtzeitsteuerung unterstützt.
Industrial-Ethernet-Kupferkabel	Ethernet-Kabel mit Kupferadern. Das Kabel besteht typischerweise aus 4 Adern und unterstützt eine Datenrate von 100 Mbit/s. Andere Einstellungen (z. B. 8 Adern und 1 Gbit/s) sind möglich). Maximale Länge 100 m.
Industrial-Ethernet-Lichtwellenleiter	Ethernet-Verbindung über Lichtwellenleiter. Der Lichtwellenleiter besteht typischerweise aus 2 Fasern und unterstützt eine Datenrate von 100 Mbit/s. Andere Datenraten sind möglich. Die maximale Länge hängt vom verwendeten Fasertyp ab.
Inline-Verbindung	Kombination von Geräten, einschließlich Abschlüssen, die zum Anschluss von Kabeln oder Kabelelementen an andere Kabel oder anwendungsspezifische Geräte verwendet werden (z. B. Klemmenblöcke).
Installation	Prozess zur Installation eines APL-Systems. Besteht z. B. aus dem Verlegen von Kabeln, der Installation von Steckverbindern, dem Anschluss von Kabeln an Geräte.
I.S.	I.S. steht für Intrinsic Safety, dem englischen Begriff für Eigensicherheit. Siehe Eigensicherheit
Kabel	Zusammenstellung von einem oder mehreren Leitern und/oder Glasfasern einer Schutzhülle und möglicherweise Füll-, Isolier- und Schutzstoffen. Dieses Dokument verwendet den Begriff Kabel als Synonym für den Begriff Leitung, auch wenn dies technisch nicht ganz exakt ist. Der Grund

Begriff	Erläuterung
	ist, dass im englischen Original dieses Dokumentes durchgängig der Begriff „cable“ verwendet wird.
Kabelschirm	Umschließende geerdete metallische Schicht zur Begrenzung des elektrischen Feldes innerhalb eines Kabels und/oder zum Schutz des Kabels vor elektrischen Einflüssen.
Last-Port	Ein APL Port, der über das APL Segment mit Energieversorgt wird.
Leitung	Siehe Kabel.
Leistungsklasse	Kennung für APL-Ports in Bezug auf die Bereitstellung und den Verbrauch von elektrischer Leistung. Siehe Tabelle 4-5 für weitere Informationen.
Leitstation	Rechneinheit zur Überwachung und Steuerung eines technischen Prozesses in Verbindung mit dem Automatisierungssystem. Anderer Ausdrücke: Mensch-Maschine-Schnittstelle oder Bedienstation.
Linientiefe	Die Linientiefe eines Industrial-Ethernet-Netzwerkes beschreibt die maximale Anzahl von Switches zwischen der Steuerung und dem letzten Gerät in einer Linie. Einige Industrial-Ethernet-Protokolle haben Einschränkungen bezüglich der Linientiefe in Kombination mit schnellen Zykluszeiten.
Load-Port	APL-Port der über ein APL-Segment mit Energie versorgt wird.
NAMUR	Anwendervereinigung für Automatisierungstechnik in der Prozessindustrie. Siehe: www.NAMUR.net .
Netzlast	Wert der die Auslastung des Netzwerkes in Bezug auf die maximal pro Zeiteinheit übertragbare Datenmenge angibt. Prozentuale Angabe.
NI	NI steht im Englischen für „non incendive“ Siehe „non incendive“.
Nicht-explosionsfähige Atmosphäre	Bereich, in dem die Gefahr einer Explosion nicht gegeben ist.
Niederspannungshauptverteilung (NSHV)	Verteilungssystem für elektrische Energie, z. B. in einer Produktionsanlage.
Non incendive (NI)	Nicht zündfähiger Stromkreis, wie er in Bereichen mit explosionsfähiger Atmosphäre angewendet wird. Ein Stromkreis, ausgenommen Feldverdrahtung, in dem ein Lichtbogen oder ein thermischer Effekt, der unter den vorgesehenen Betriebsbedingungen des Geräts erzeugt wird, unter festgelegten Prüfbedingungen nicht in der Lage ist, das brennbare Gas-Luft-, Dampf-Luft- oder Staub-Luft-Gemisch zu entzünden.
Physical-Layer	Schicht 1 des Open Systems Interconnection-Modells (OSI). Siehe [ISO/IEC 7498- 1].
Planung	In diesem Dokument: Der gesamte Bereich der Arbeiten zur Planung eines APL-Netzwerkes. Besteht z. B. aus: Auswahl der Geräte, Planung der Netzwerktopologie, Planung des Potentialausgleichs.
Potentialausgleich	Herstellung von elektrischen Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potentialgleichheit zu erreichen.
Power-Switch	Siehe APL-Power-Switch.
PROFIBUS-DP-zu-PA-Konverter	Verbindet ein PROFIBUS-DP-Segment mit einem PROFIBUS-PA-Segment. Typischerweise hat ein PROFIBUS-DP-zu-PA-Konverter einen PROFIBUS-DP-Anschluss und mehrere PROFIBUS-PA-Anschlüsse.
Quell-Port	Ein APL Port, der Energie in ein APL-Segment einspeist
R&I-Planung	Planung von Rohrleitungen und Instrumentierung.

Begriff	Erläuterung
Remote IO	Ein Feldgerät, welches einem Controller zugeordnet ist, um IO-Funktionen auszuführen. Schnittstellenmodule stellen in der Regel Standard-Schnittstellensignale wie 24 V DC für binäre Ein- und Ausgänge oder 4 ... 20 mA für analoge Ein- und Ausgänge zur Verfügung.
Schirm	Siehe: Kabelschirm.
Schutzpotentialausgleich	Potentialausgleich für Zwecke der elektrischen Sicherheit.
Segment	Siehe: APL-Segment.
Source-Port	APL-Port der Energie in ein Segment einspeist
Spur	Siehe: APL-Spur.
Stichleitung	Eine Stichleitung ist eine nicht-terminierte Abzweigung eines Kabels ≤ 10 cm.
Switch	Ein Netzwerkgerät, welches Datenpakete zwischen LAN-Segmenten filtert und weiterleitet.
Test Access Port (TAP)	Ein TAP ist ein Gerät, das in eine Netzwerkverbindung eingefügt wird. Es kopiert den durchlaufenden Datenstrom und gibt diesen an ein Überwachungsgerät zur Diagnose und Fehlersuche weiter.
Time-Sensitive-Networking (TSN)	Gruppe von IEEE-Standards zur Definition von Maßnahmen für ein verbessertes Echtzeitverhalten von Ethernet. Beinhaltet Zeitsynchronisation, Scheduling, Traffic Shaping, Zeitschlitz, Frame Preemption und andere Methoden.
Trunk	Siehe: APL-Trunk.
Überlagertes Netzwerk	Bezeichnung für ein Netzwerk, an welches das APL Netzwerk angeschlossen wird.
Überspannungsableiter	Ein Überspannungsableiter (engl. Surge Protection Device, SPD) ist ein elektrisches Gerät, das zum Schutz von elektronischen Geräten vor elektrischen Überspannungen und Spannungsspitzen verwendet wird. Ein Überspannungsableiter ist ein Auxiliary-Device.
Vermaschter Potentialausgleich	Potentialausgleichssystem bestehend aus mehreren Maschen.

10 Anhang

Dieser Anhang bietet vertiefende Informationen für Personen, die sich für weitergehende Fragen der APL-Planung interessieren. Grundlegende Informationen zu den hier behandelten Themen finden Sie in Kapitel 4.8

10.1 Details zur Berechnung der Netzlast

Dieser Abschnitt enthält zusätzliche Informationen über die Netzlastberechnung für APL-Netzwerke. Grundlegende Informationen über die Lastabschätzung und empfohlene Lastgrenzen finden Sie in Kapitel 4.8.

Zu den APL-Feldgeräten, die sich das gleiche Netzwerk teilen, können Messgeräte wie Messumformer und Ventilstellungsregler, aber auch Schwingungsüberwachungssysteme, Videokameras, IR-Kameras, HMI-Panels und Steuerungen gehören. Die von diesen Geräten genutzte Bandbreite variiert.

10.1.1 Grundlagen der Berechnung der Netzlast

Dieser Abschnitt informiert über die Grundlagen, die für die APL-Netzlastberechnung verwendet werden. Es werden einige Grundannahmen getroffen, um die Berechnung zu vereinfachen und um die Berechnung ohne ein Berechnungstool zu ermöglichen.

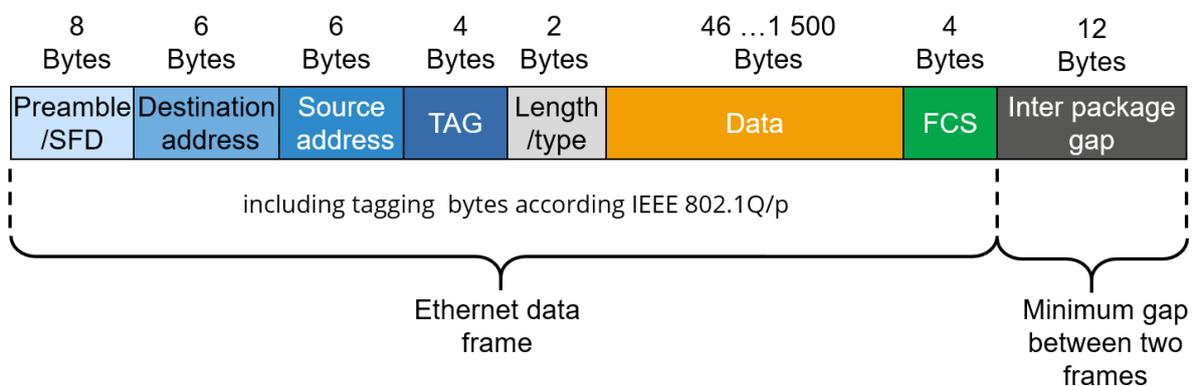


Abbildung 10-1: IEEE 802.3 Datenrahmen

Abbildung 10-1 zeigt einen IEEE 802.3-Datenrahmen, der üblicherweise als Ethernet-Datenrahmen bezeichnet wird. Der Frame enthält eine 4-Byte-Tagging-Information nach IEEE 802.1Q/p, die die Priorisierung von Datenpaketen ermöglicht. Aus Abbildung 10-1 lässt sich ableiten, dass die minimale Nutzlast 46 Byte beträgt. Aufgrund der IEEE-802.3-Spezifikation kann die Nutzlast nicht kleiner als diese sein. Nimmt man für ein APL-Feldgerät an, dass es 4 Byte Messwert plus 2 Byte Statusinformation plus Verwaltungsinformation überträgt, so ist offensichtlich, dass diese Informationen in die minimale Datenpaketlänge passen. Selbst multivariable APL-Feldgeräte werden wahrscheinlich in der Lage sein, alle Informationen in den minimalen Datenrahmen einzupassen. Es wird davon ausgegangen, dass die Geräte Daten in Richtung des Controllers senden. Netzwerkverkehr und azyklischer Verkehr werden hier nicht berücksichtigt.

Dies führt zu der Annahme, dass der minimale Datenrahmen (46 Bytes Nutzlast, 88 Bytes insgesamt inklusive Inter-Package-Gap) für ein typisches APL-Feldgerät ausreichen wird. Wenn wir dies mit der Datenrate von 10 Mbit/s für das APL-Netzwerk kombinieren, kommen wir zu Gleichung 10-1, die die Auslastung in % in Abhängigkeit von der Geräteanzahl und der Zykluszeit berechnet.

$$\text{load in \%} = \frac{\text{number_of_devices} \cdot 88 \frac{\text{byte}}{\text{device}} \cdot 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \cdot 100\%}{\text{cycle_time in ms} \cdot 0,001 \frac{\text{s}}{\text{ms}} \cdot 10 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}}$$

Gleichung 10-1: Netzlast für typische APL-Geräte

Wenn wir Gleichung 10-1 anwenden und die Anzahl der Geräte und die Zykluszeit variieren, erhalten wir Abbildung 10-2, die die Netzwerklast in Abhängigkeit von der Anzahl der Geräte und der Zykluszeit der Geräte für bis zu 50 Geräte zeigt. Abbildung 10-3 zeigt die gleichen Informationen für bis zu 250 Geräte.

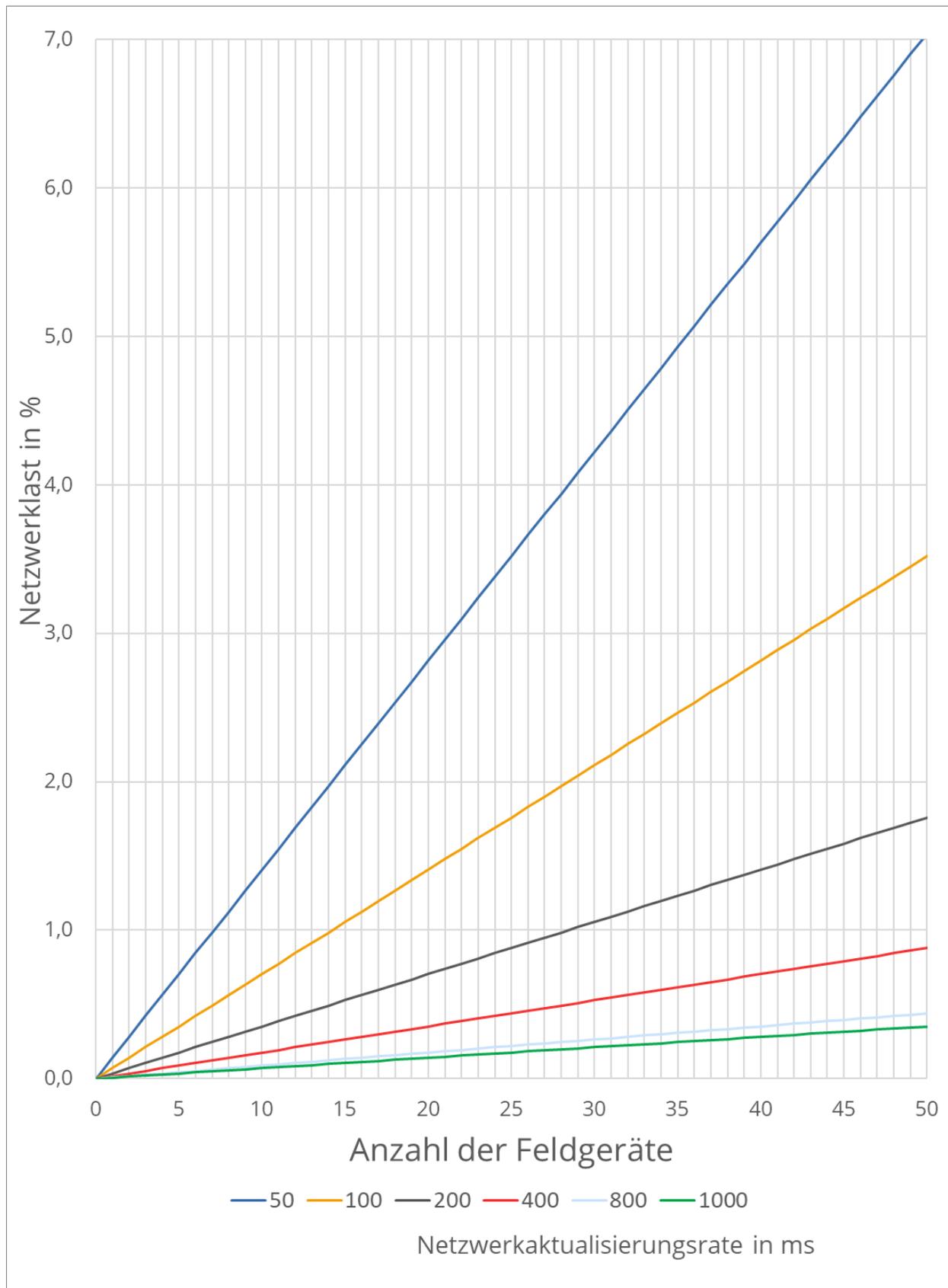


Abbildung 10-2: Netzlast in Abhängigkeit von der Geräteanzahl und der Zykluszeit bei bis zu 50 Geräten

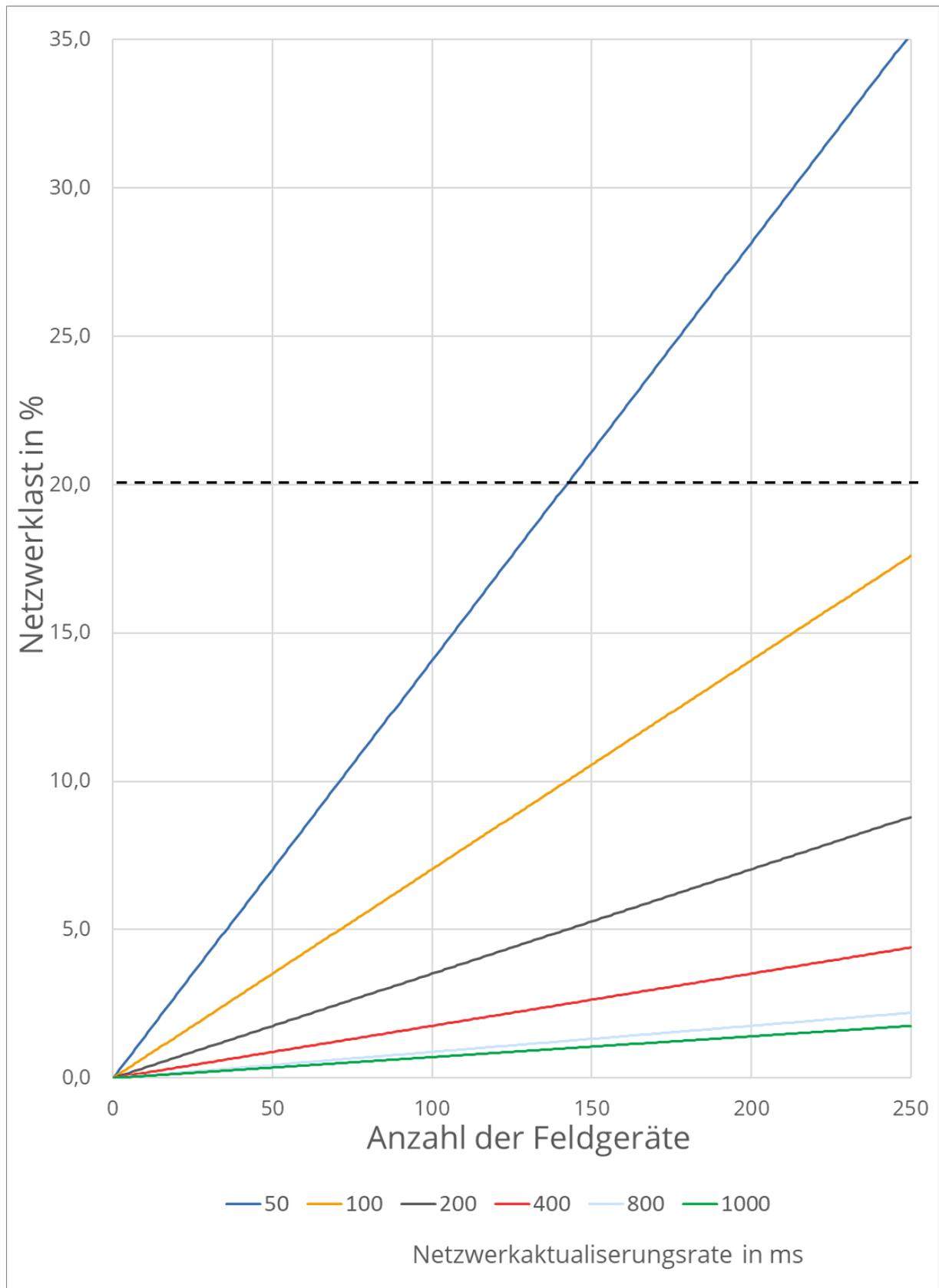


Abbildung 10-3: Netzlast in Abhängigkeit von der Geräteanzahl und der Zykluszeit bis zu 250 Geräten

Geht man von einer IO-Update-Zykluszeit von 50 ms aus, die deutlich kürzer ist als in der Prozessindustrie üblich, so zeigt sich, dass 50 Geräte zu einer Netzlast von etwa 7 % führen. Damit bliebe genügend Bandbreite für azyklische Datenübertragung, z. B. für Diagnose- oder Konfigurationsdatenzugriffe, z. B. über OPC UA oder HART-IP.



APL unterstützt eine Vollduplex-Kommunikation mit einer Datenrate von 10 Mbit/s in beide Richtungen über zwei Adern. Die oben durchgeführte Berechnung berücksichtigt nur die Richtung von den Sensoren in Richtung des Controllers. Wenn Aktuatoren im APL-Netzwerk verwendet werden, muss eine ähnliche Lastberechnung für die Gegenrichtung durchgeführt werden. Hinweis: Die Lasten für eingehenden und ausgehenden Verkehr müssen nicht addiert werden, sondern können separat betrachtet werden.

10.1.2 Beispielrechnungen Netzlast für einen typischen Anwendungsfall

Dieser Abschnitt beschreibt eine Netzlast für ein APL-Netzwerk. Es wird angenommen, dass Geräte mit unterschiedlichen Zykluszeiten parallel verwendet werden. Der angenommene Aufbau ist:

- *Last1*: 50 Sensoren mit einer Zykluszeit von je 200 ms für Regelkreise
- *Last2*: 10 Sensoren mit einer Zykluszeit von je 4 ms (z. B. Drucksensor für schnelle Notabschaltung)
- *Last3*: 20 Aktoren mit einer Zykluszeit von je 200 ms für Regelkreise.

Da APL eine Vollduplex-Kommunikation mit einer Datenrate von 10 Mbit/s in jeder Richtung unterstützt, können die Sensoren und die Aktoren unabhängig voneinander berechnet werden.

Richtung von den Sensoren zum Controller (eingehend)

$$Load_1 \text{ in } \% = \frac{50 \text{ devices} \cdot 88 \frac{\text{byte}}{\text{device}} \cdot 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \cdot 100\%}{200 \text{ ms} \cdot 0,001 \frac{\text{s}}{\text{ms}} \cdot 10 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 1,76 \%$$

Gleichung 10-2: Lastberechnung für Last1

$$Load_2 \text{ in } \% = \frac{10 \text{ devices} \cdot 88 \frac{\text{byte}}{\text{device}} \cdot 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \cdot 100\%}{4 \text{ ms} \cdot 0,001 \frac{\text{s}}{\text{ms}} \cdot 10 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 17,6 \%$$

Gleichung 10-3: Lastberechnung für Last2

$$Load_{inbound} \text{ in } \% = Load_1 + Load_2 = 1,76 \% + 17,6 \% = 19,36 \%$$

Gleichung 10-4: Lastberechnung eingehende Last gesamt

Aus Gleichung 10-4 lässt sich ableiten, dass die Netzwerkauslastung für den eingehenden Verkehr (Verkehr von den Sensoren zum Controller) 19,36 % beträgt. Dies liegt unterhalb der empfohlenen maximal zulässigen Netzwerkauslastung von 20 % gemäß Tabelle 4-7. In einem nächsten Schritt muss der ausgehende Verkehr berechnet werden.

Richtung vom Controller zu den Aktoren (ausgehend)

$$Load_3 \text{ in } \% = \frac{20 \text{ devices} \cdot 88 \frac{\text{byte}}{\text{device}} \cdot 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \cdot 100\%}{200 \text{ ms} \cdot 0,001 \frac{\text{s}}{\text{ms}} \cdot 10 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 0,71\%$$

Gleichung 10-5: Lastberechnung für Last3

Gleichung 10-5 zeigt, dass die Netzwerkauslastung für den ausgehenden Datenverkehr bei 0,71 % liegt. Dies liegt ebenfalls unter der empfohlenen maximal zulässigen Netzwerkauslastung von 20 %

10.1.3 Berechnung der Netzlast für größere Datenpakete

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass das Datenpaket eines APL-Geräts die minimale Paketgröße eines Ethernet-Datenpakets nicht überschreitet (46 Byte Nutzlast, 88 Byte insgesamt inklusive Inter-Package-Gap). Für den Fall, dass eine Lastberechnung mit größeren Datenpaketen durchgeführt werden soll, kann die Berechnung nach Gleichung 10-6 erfolgen, wobei n die Anzahl der zu übertragenden Bytes (Nutzlast) angibt.

$$Load \text{ in } \% = \frac{\text{number}_{of \text{ devices}} \cdot (n + 42) \frac{\text{byte}}{\text{device}} \cdot 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \cdot 100\%}{\text{cycle_time in ms} \cdot 0,001 \frac{\text{s}}{\text{ms}} \cdot 10 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}}$$

$$46 \leq n \leq 1\,500$$

Gleichung 10-6: Lastberechnung für Datenpakete mit variabler Größe

Aufgrund der Größenbeschränkungen eines Ethernet-Datenpakets muss n größer oder gleich 46 und kleiner oder gleich 1 500 sein.

10.2 Längenberechnung für gespeiste APL-Trunks

Gespeiste Trunks, wie in Abschnitt 4.2.2 beschrieben, transportieren die Energie für die APL-Field-Switches und die APL-Feldgeräte über das Trunk-Kabel.

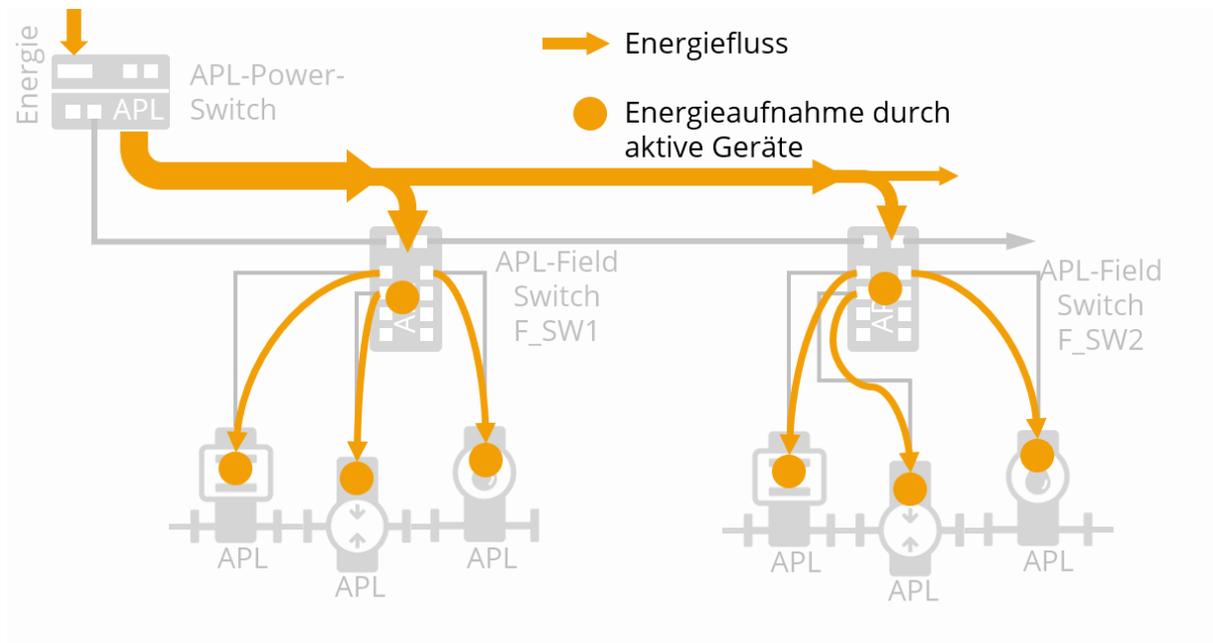


Abbildung 10-4: Energiefluss gespeister Trunk

Abbildung 10-4 zeigt den Energiefluss an einem gespeisten APL-Trunk. Der APL-Power-Switch speist die Energie in den APL-Trunk ein. Die APL-Field-Switches verbrauchen einen Teil der Energie für ihren eigenen Betrieb. Gleichzeitig verteilen sie die Energie an die APL-Feldgeräte, die an den jeweiligen Field-Switch angeschlossen sind. Aus Abbildung 10-4 ist ersichtlich, dass alle APL Field-Switches und alle APL-Feldgeräte Energie verbrauchen (siehe orange Punkte in der Zeichnung).

Da die Verkabelung einen gewissen Widerstand aufweist, führt der Stromfluss auf dem Trunk und auf den Spurs zu Spannungsabfällen. Diese sind abhängig von dem Strom, den die aktiven Geräte aufnehmen.

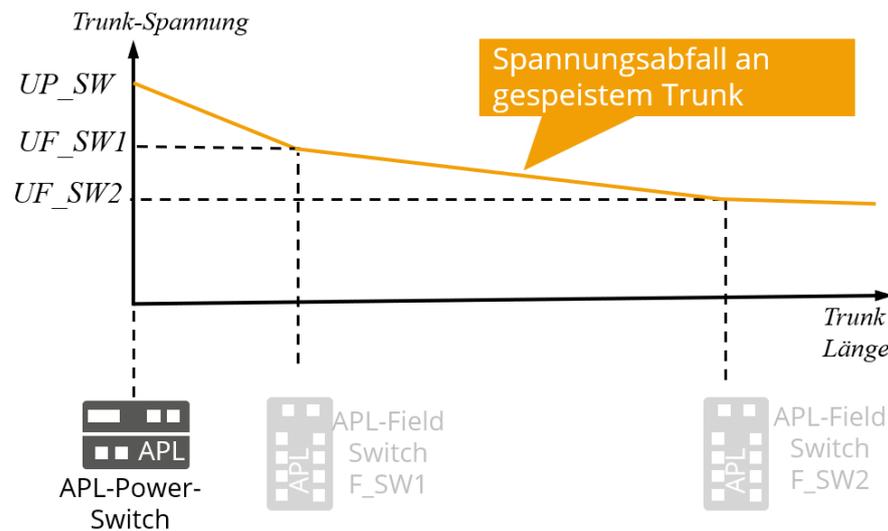


Abbildung 10-5: Spannungsabfall am gespeistem Trunk

Abbildung 10-5 zeigt den Spannungsabfall an einem gespeistem Trunk. Die Ausgangsspannung des Power-Switchs am Trunk UP_{SW} ist der Ausgangspunkt. Das erste Segment des Trunks zwischen dem Power-Switch und dem APL-Field-Switch F_SW1 muss die Energie für alle APL-Field-Switches und alle APL-Feldgeräte, die vom APL-Power-Switch gespeist werden, übertragen. Der resultierende Spannungsabfall ist abhängig von:

- ➔ Laststrom auf dem Segment
- ➔ Länge des Segments
- ➔ Querschnitt der Adern
- ➔ Temperatur des Kabels

Das Segment zwischen dem APL-Field-Switch F_SW1 und F_SW2 muss die Energie für den APL-Field-Switch F_SW2, die an diesen Field-Switch angeschlossenen Geräte und eventuell weitere Field-Switches und APL-Feldgeräte transportieren. Daher ist die Belastung geringer, verglichen mit dem ersten Segment.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lagen dem Autor noch keine konkreten Zahlen zur Leistungsaufnahme und keine Spannungs-Strom-Kennlinie vor. Ein Berechnungsschema ist daher noch nicht verfügbar. Wenden Sie sich an Ihren Hersteller oder Ihre Anwenderorganisation, um Berechnungsbeispiele und -werkzeuge zu erhalten.

10.3 Empfehlungen für eine verbesserte EMV

Ein Grund für die Verwendung von Kondensatoren zum Anschluss von Kabelschirmen an das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) sind vagabundierende Ströme im CBN. Der Einsatz der Kondensatoren unterdrückt vagabundierende Ströme, die durch die Kabelschirme laufen, was der Fall wäre, wenn der Schirm beidseitig an das CBN angeschlossen wird. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Abschirmwirkung gegen Magnetfelder reduziert wird. Daher wäre es sinnvoller, die eigentliche Ursache des Problems, die vagabundierenden Ströme, zu beseitigen, anstatt sich mit den negativen Auswirkungen des Einsatzes von Kondensatoren zu beschäftigen. Es gibt mehrere Gründe für vagabundierende Ströme. Die nächsten Kapitel zeigen die Ursache auf und geben Hinweise, wie man das Problem beheben kann.

10.3.1 Nachteile von TN-C-Netzen

Das TN-C-System verwendet einen PEN-Leiter, der zwei Zwecken dient: Er bietet einen Rückweg für den regulären Strom und dient als PE-Leiter für die Erdung metallischer Teile eines elektrischen Geräts.

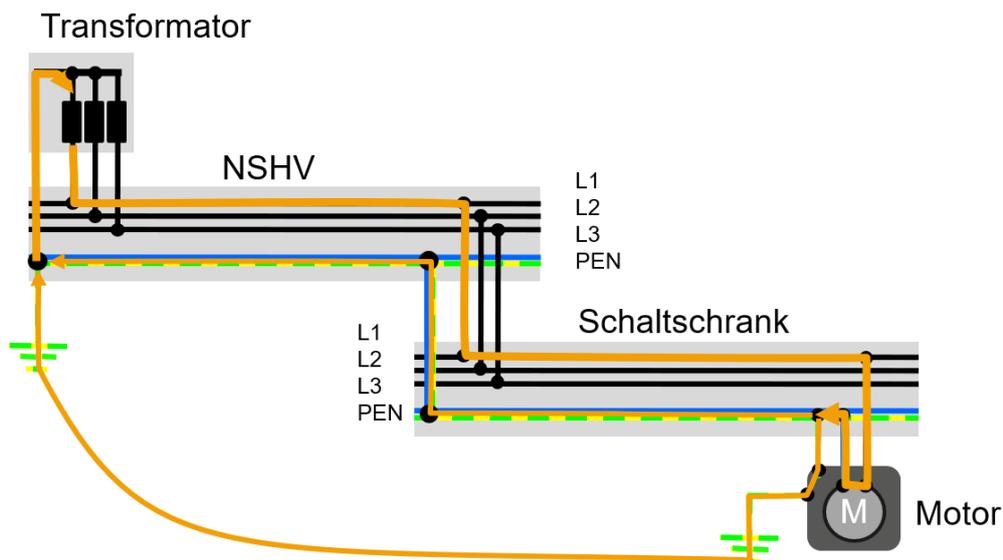


Abbildung 10-6: Vagabundierende Ströme durch das TN-C-System

Abbildung 10-6 zeigt einen Motor, der an ein TN-C-System angeschlossen ist. Der Strom (orange Linien) läuft vom Netztransformator über die Phase L1 zum Motor und durch den PEN-Leiter zurück zum Transformator. Gleichzeitig ist das Gehäuse des Motors mit dem PEN-Leiter und gleichzeitig mit dem metallischen Aufbau / Potentialausgleichssystem verbunden. Da der Sternpunkt des Transformators ebenfalls mit dem Potentialausgleichssystem verbunden ist, kann ein Teil des Stroms auch durch das Potentialausgleichssystem fließen. Dies führt zu den bereits erwähnten vagabundierenden Strömen.



Um vagabundierende Ströme zu vermeiden, sollte der Einsatz von TN-C-Netzen vermieden werden. TN-C-Systeme sind zudem nicht für Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen zugelassen.

10.3.2 Verwendung des TN-S-Netzes

Ein TN-S-Netz verwendet fünf Leiter. Die Phasen L1, L2 und L3, den Neutralleiter N und die Schutzterde PE. Der N und der PE-Leiter sind über die PEN-Brücke in der Nähe des Transformators verbunden. Der PE ist an mehreren Stellen mit dem gemeinsamen Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) verbunden.

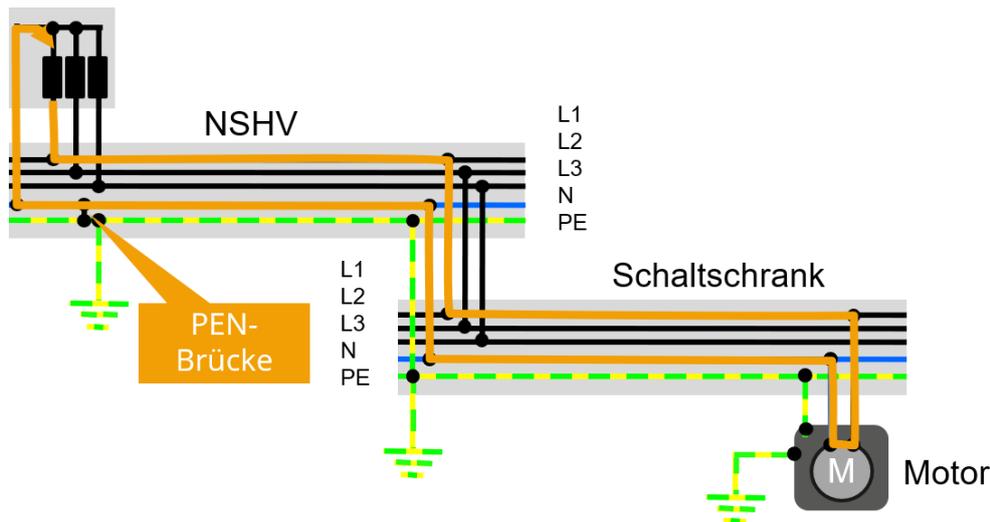


Abbildung 10-7: TN-S System

Abbildung 10-7 zeigt ein TN-S-Netz. Es ist zu erkennen, dass der Betriebsstrom (orange Linie) vom Transformator über die Phase L1 zum Motor und über den N-Leiter zurück zum Transformator fließt. Obwohl der Motor an den PE angeschlossen und mit dem Potentialausgleichssystem verbunden ist, fließt kein Strom durch das Erdungssystem. Somit verhindert das TN-S-System vagabundierende Ströme im Potenzialausgleichssystem.



Um vagabundierende Ströme zu vermeiden, sollte ein TN-S-System verwendet werden

Bei Verwendung des TN-S-Systems werden der N- und der PE-Leiter an einem einzigen Punkt in der Nähe des Transformators verbunden. Abbildung 10-7 zeigt die PEN-Brücke auf der linken Seite der Zeichnung.

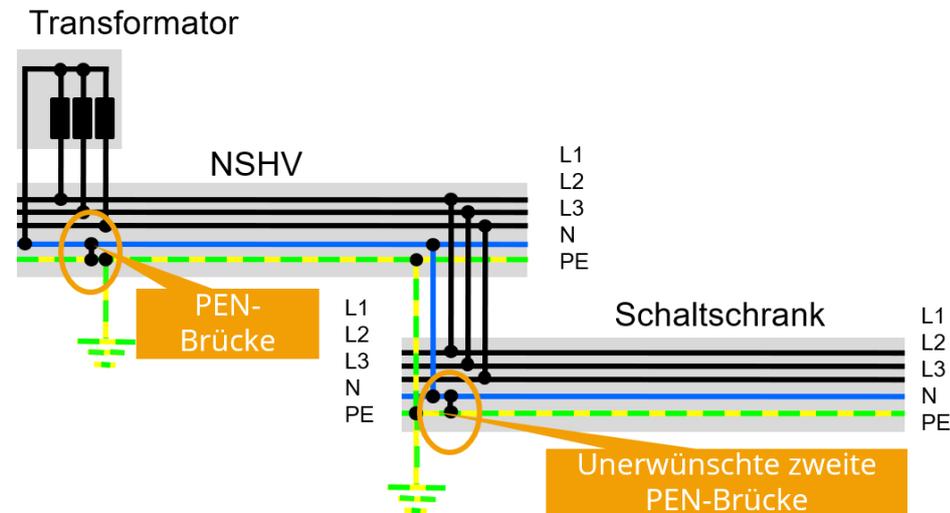


Abbildung 10-8: TN-S System mit zweiter PEN-Brücke

In einigen Fällen kann es vorkommen, dass das Installationspersonal den N- und den PE-Leiter auch an anderen Stellen verbindet. Dies führt zu unerwünschten, zusätzlichen PEN-Brücken, die im rechten Teil von Abbildung 10-8 dargestellt sind. Diese zusätzlichen PEN-Brücken müssen vermieden werden, da sie wiederum vagabundierende Ströme im gemeinsamen Potentialausgleich-Netzwerk verursachen.

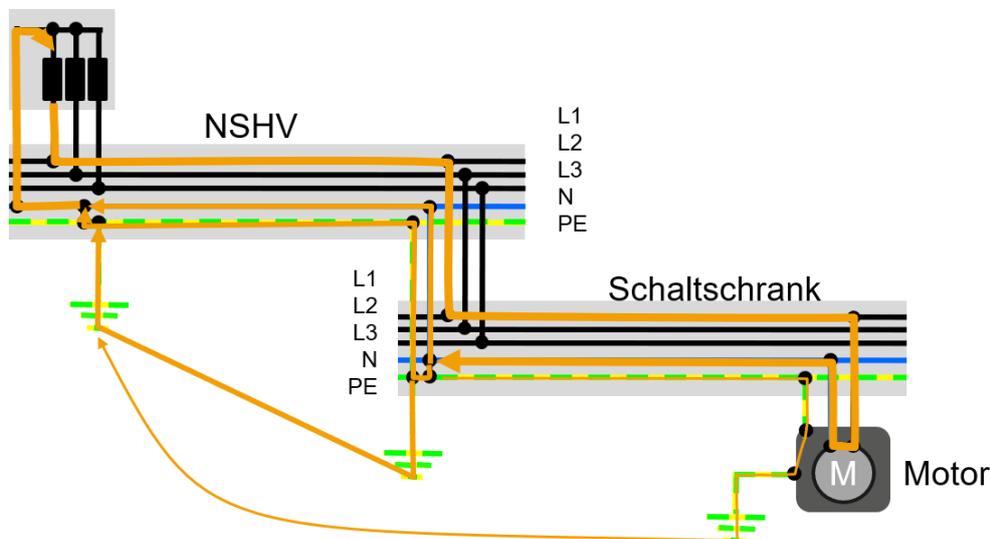


Abbildung 10-9: Vagabundierende Ströme im TN-S-Netz durch die zweite PEN-Brücke

Abbildung 10-9 zeigt die Auswirkung einer zweiten PEN-Brücke. Es ist zu erkennen, dass die zweite (ungewollte) PEN-Brücke den Strom im N-Leiter in den PEN-Leiter und von dort in das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk durchlässt.



Installieren Sie nur eine PEN-Brücke in der Nähe des Transformators. Zusätzliche PEN-Brücken sollten vermieden werden, um vagabundierende Ströme im CBN zu verhindern.

10.3.3 Verbindung des Minus-Leiters von DC-Hilfsenergieversorgungen mit dem CBN

In vielen Fällen wird der Minuspol einer DC-Hilfsenergieversorgung mit dem gemeinsamen Potentialausgleich-Netzwerk verbunden, wie in Abbildung 10-10 gezeigt. Für dieses Beispiel wurde eine 24-V-DC-Spannungsversorgung gewählt.

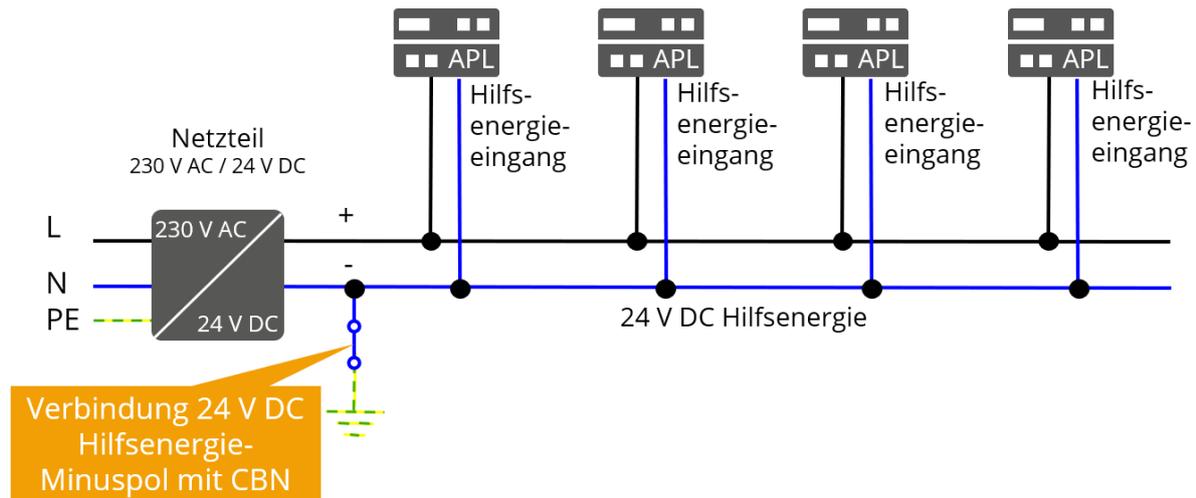


Abbildung 10-10: Anschluss der 24 V DC-Hilfsenergieversorgung minus an CBN

Abbildung 10-10 zeigt eine Hilfsenergieverteilung bei der ein Netzteil vier APL-Power-Switches versorgt. In der Nähe der Spannungsversorgung ist der Minuspol der 24-V-DC-Spannungsversorgung mit dem Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) verbunden. Diese Verbindung dient Sicherheitszwecken. In einigen Fällen stellt das Installationspersonal zusätzliche (unerwünschte) Verbindungen zwischen dem 24-V-DC-Minus und dem CBN her. Diese unerwünschte Verbindung ist auf der rechten Seite von Abbildung 10-11 dargestellt.

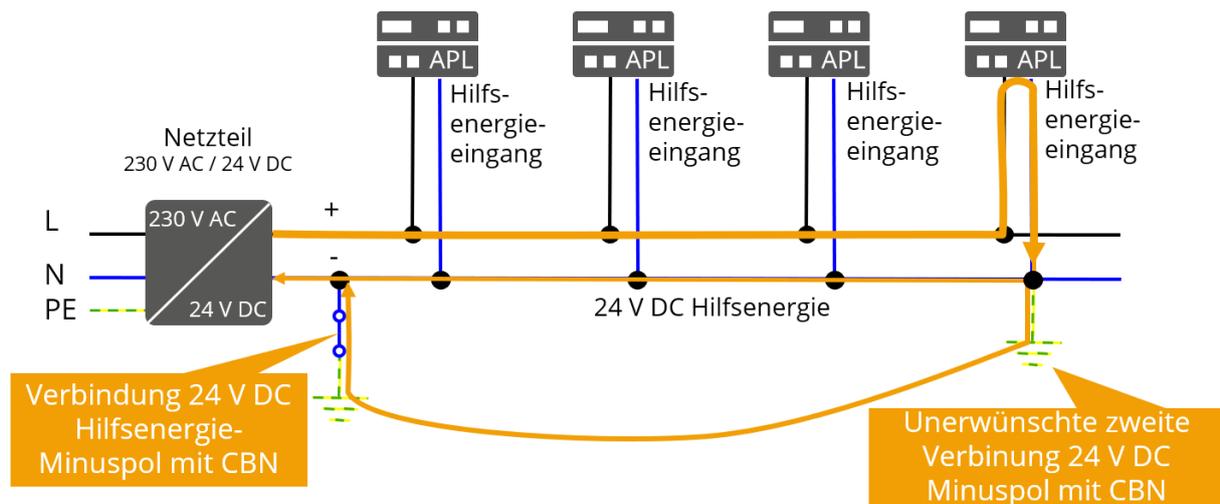


Abbildung 10-11: Zweiter unerwünschter Anschluss der 24 V DC-Spannungsversorgung minus an CBN

Es ist zu erkennen, dass sich der Strom, der durch den Minusleiter zur Spannungsversorgung fließen sollte, nun aufteilt in einen Teil, der durch den Minusleiter fließt und den anderen Teil, der durch das CBN zurück zur Spannungsversorgung fließt (orange Linie). Dies führt zu vagabundierenden Strömen in der CBN.



Wenn der Minuspol einer 24-V-DC-Spannungsversorgung an das gemeinsame Potentialausgleich-Netzwerk (CBN) angeschlossen wird, sollte er nur einmal, in der Nähe der Spannungsversorgung, angeschlossen werden. Mehrfachanschlüsse sollten vermieden werden.

Um das oben beschriebene Problem zu vermeiden, kann auch ein isoliertes DC-System mit Isolationsüberwachung verwendet werden.

10.4 Dokumentationsvorschlag für APL 2-WISE-Systeme

Tabelle 10-1: Dokumentationsvorschlag für APL 2-WISE-Systeme

	Nr..	Gerätename	Her- steller	Typ	Zertifikat	Geräte- gruppe (IIB, IIC)	Schutz- niveau (ia, ib)	Max. Umge- bungstempe- ratur	2-WISE-Typ
Field-Switch	1	APL-Field-Switch	ABX	FS_001	Ex-95.D.yxy	IIC	ib	50 °C	APL-Field-Switch
APL-Feldgeräte	1	Temperatur-sensor	XYZ	TS XYZ	Ex-95.D.xyz	IIC	ib	50 °C	APL-Feldgerät
	2								APL-Feldgerät
	3								APL-Feldgerät
	4								APL-Feldgerät
	5								APL-Feldgerät
	6								APL-Feldgerät
	7								APL-Feldgerät
	8								APL-Feldgerät
	9								APL-Feldgerät
	10								APL-Feldgerät
	11								APL-Feldgerät
	12								APL-Feldgerät
Zusätzliche Informationen	Alle Geräte müssen dem 2-WISE-Konzept entsprechen gemäß IEC TS 60079-47:2021 / VDE V 0170-47:2021-06								
	2-WISE-Power Source Ports (für IIB & IIC) (APL-Field-Switch)					2-WISE-Power-Load-Ports (für IIB & IIC) (APL-Feldgerät)			
	Ausgangsleistung $P_o \leq 5,32 \text{ W}$ Ausgangsspannung U_o 14 V bis 17,5 V Kurzschlussstrom $I_o \leq 380 \text{ mA}$ Ungeschützte Restkapazität $C_i \leq 5 \text{ nF}$ Ungeschützte Restinduktivität $L_i \leq 10 \mu\text{H}$					Eingangsleistung $P_i \geq 5,32 \text{ W}$ Eingangsspannung $U_i \geq 17,5 \text{ V}$ Eingangsstrom $I_i \geq 380 \text{ mA}$ Max. interne Kapazität $C_i \leq 5 \text{ nF}$ Max. innere Induktivität $L_i \leq 10 \mu\text{H}$ Ableitstrom $\leq 1 \text{ mA}$			
	Erforderliche Kabelparameter für den Einsatz in einem 2-WISE-eigensicheren System					Auxiliary Devices (z. B. Überspannungsschutz)			
Schleifenwiderstand 15 Ω / km ... 150 Ω / km Induktivitätsbelag 0,4 mH / km ... 1 mH / km Kapazitätsbelag 45 nF / km ... 200 nF / km					Eingangsleistung $P_i \geq 5,32 \text{ W}$ Eingangsspannung $U_i \geq 17,5 \text{ V}$ Eingangsstrom $I_i \geq 380 \text{ mA}$ Max. interne Kapazität $C_i \leq 5 \text{ nF}$ Max. innere Induktivität $L_i \leq 200 \text{ nH}$ Ableitstrom $\leq 50 \mu\text{A}$				
Für die Verwendung von <u>einfachen Geräten</u> (engl. <u>simple apparatus</u>) in 2-WISE-Schaltungen müssen die innere Induktivität L_i und die innere Kapazität C_i jedes einfachen Geräts, das an ein 2-WISE-System angeschlossen ist, kleiner als 1 μH bzw. 1 nF sein.									

11 Index

2-WISE Ansatz für Spurs	44	DeviceNet	19
2-WISE, Definition	96	Diagnose-Tools	50
Abnahmetest.....	86	Direkter Anschluss	81
Abnahmetest, Definition	96	Dokumentationsvorschlag.....	114
Anschließen der APL-Feldgeräte	79	Dokumente, referenziert	17
APL Anwendung ohne explosionsfähige Atmosphäre	41	Eigensicherheit (Ex i). Definition.....	97
APL Geräteauswahlkriterien.....	27	Einbauort Feldgeräte, Field-Switches	34
APL Netzwerkstrukturen	33	Einführung in die APL-Technologie... 11, 23	
APL Schutzklasse für Eigensicherheit, Definition	96	Elektromagnetische Interferenz Definition	97
APL Topologie-Planung	37	Elektromagnetische Verträglichkeit, Definition.....	97
APL Trunk, Definition	96	EMI, Definition.....	97
APL-Auxiliary-Device	21, 30	EMV	109
APL-Beispielanwendung	26	EMV Definition	97
APL-Feldgerät	21	EMV, Verbesserung.....	109
APL-Feldgerätetypen	27	Energiefluss	107
APL-Field-Switch	20, 28	Engineering-Arbeitsplatz	20
APL-Field-Switch mit Hilfsenergieversorgung	21, 29	Engineering-Arbeitsplatz, Definition.....	97
APL-Field-Switch, Definition.....	96	Erhöhte Sicherheit, Definition	97
APL-Inline-Verbindung	21	Ethernet	23
APL-Inline-Verbindung	30	Ethernet Advanced Physical Layer, Definition.....	97
APL-Inline-Verbindung, Definition	96	Ethernet für Kupfermedien.....	19
APL-Kabel	30	Ethernet Grundlagen	23
APL-Kabeltypen	30	Ethernet Protokollstack	23
APL-Planungsprozess.....	26	Ethernet, Definition.....	97
APL-Port, Definition	96	Ethernet-Anschluss für Lichtwellenleiter (LWL).....	19
APL-Power-Switch	20, 25, 28	Ethernet-APL.....	18, 23
APL-Power-Switch, Definition	96	Ethernet-APL Beschreibung	24
APL-Segment, Definition	96	Ethernet-APL Eigenschaften.....	24
APL-Switch, Definition	96	Ethernet-APL, Definition	97
Automatisierungsnetzwerk, Definition	97	Ethernet-APL, Eigensicherheit, Ex i	19
Auxiliary-Device.....	39	Ethernet-APL, erhöhte Sicherheit, Ex e ..	19
Auxiliary-Device, Definition	97	Ex e, Definition.....	97
Auxiliary-Devices pro Segment	40	Ex i, Definition	97
Basic check	89	Ex-Bescheinigung	13
Beispielrechnungen Netzlast.....	105	Explosionsfähige Atmosphäre.....	12, 22
Berechnung Netzlast.....	101	Explosionsfähige Atmosphäre, Definition	97
Best-Practice-Beispiele	56	Ex-Zonen	13
CBN, Definition	97	Ex-Zonen für gespeisten Trunk.....	47
Checkliste für den Basistest.....	89	Farbzuordnung APL-Kabel	80
Checkliste für Kabelmessungen	88	Federzugklemmen	32
Checkliste Sichtprüfung	86	Feldbus	19
Checklisten Planungsprozess	63	Feldbus, Definition	97
Classes und Divisions für gespeisten Trunk	49	Feldgerät, Definition	97
Common Bonding network	19	Field Switches mit IE Anschluss	35
Common-Bonding-Network, Definition....	97	Field Switches mit Industrial-Ethernet- Anschluss	35
Controller.....	20	FieldComm Group	15
Controller, Definition	97	Field-Switch, Definition.....	97
DC-Hilfsenergieversorgung	112		

Funktionspotentialausgleich	11, 65	M12-Steckverbinder	32
Funktionspotentialausgleich, Definition ..	97	M8.....	85
Gerät definiert Steckverbindertyp	32	M8- oder M12-Steckverbinder.....	82
Geräteauswahl.....	26	M8-Steckverbinder	32
Gerätekoppler mit galvanischer Trennung	21	Management-Summary.....	10
Gerätekoppler mit galvanischer Trennung, Definition	98	Maximal zulässige Kabellängen.....	31
Gespeister APL-Trunk.....	33, 36, 56	Maximale Entfernung.....	34
Gespeister-APL-Trunk, Definition	98	Maximale Leitungslänge gespeister APL-Trunk	36
Glossar	96	Mechanischer Schutz	79
Haftungsausschluss	15	Migration	11, 90
Haupterdungsklemme, Definition	98	Mindestabstände	73
Herstellereklärung	13	NAMUR	99
Hilfsenergie, Definition.....	98	NAMUR NE 168	24
Hilfsenergieeingang	19	NAMUR NE 74	24
Hilfsenergieeingang mit Energieweiterleitung	19	Netzlast.....	102
Hilfsenergieeingang ohne Energieweiterleitung	19	Netzlast für typische APL-Feldgeräte....	102
Hilfsenergieversorgung, Definition	98	Netzwerkauslastung	51
I.S..... Siehe Eigensicherheit		Netzwerkauslastung, Abschätzung	51
IEEE 802.3 Datenrahmen	101	Netzwerklast Empfehlungen	55
Industrial Ethernet Lichtwellenleiter, Definition	98	NI	49, 99
Industrial Ethernet, Definition.....	98	Nicht-explosionsfähige	99
Industrial-Ethernet-Kupferkabel	18	Niederspannungshauptverteilung, Definition.....	99
Industrial-Ethernet-Kupferkabel, Definition	98	Non incendive	49, 99
Industrial-Ethernet-LWL-Kabel.....	18	Normen, referenziert	15
Inhalt dieses Dokuments	10	NSHV, Definition	99
Inline-Anschluss	39	ODVA Inc	15
Inline-Verbindung, Definition	98	OPC Foundation.....	15
Inline-Verbindungen.....	40	Physical layer	23
Installation von APL Netzwerken.....	71	Physical-Layer, Definition	99
Installation, Definition	98	Planung APL-Netzwerke	26
ISO/OSI Protokollstack	23	Planung, Definition	99
Kabelabstände.....	71	Port-Kompatibilität.....	37
Kabelmessungen	88	Port-Reserve	34
Kabelparameter	31	Potentialausgleich	65
Kabelschirm.....	69	Potentialausgleich, Definition	99
Kabelschirm, Definition	99	Potentialausgleich, Erläuterung von Begriffen	65
Kabelschirme	68, 83	Potentialausgleichssystem	13
Kabeltypen.....	30	Power-Switch, Definition.....	99
Kabeltypen für APL-Netzwerke	30	PROFIBUS and PROFINET International	15
Kabelverlegung.....	75, 76	PROFIBUS DP	19
Kombiniertes Potentialausgleichssystem	66	PROFIBUS-DP-zu-PA-Konverter, Definition	99
Kontaktbelegung M12	82	Querschnitt.....	36
Kontaktbelegung M8	82	R&I-Planung.....	99
Längenberechnung für gespeiste APL-Trunks	107	Redundanz	56
Leistungsbudgetreserven	50	Referenziere Dokumente	15
Leistungsklasse, Definition	99	Referenzierte Normen	15
Leistungsklassen	39	Reihenklemmen.....	32
Leitende Verbindung	19	Remote IO	20
Leitstation	20	Remote IO, Definition	100
Leitstation, Definition	99	Reserve-Ports	50
Load-Port.....	39	Schirm.....	80
M12	85	Schirm, Definition	100
		Schirmanschluss	83, 84
		Schirmung.....	68
		Schraubklemmen.....	32

Schutzklasse Eigensicherheit (Ex i)	43	Test Access Port	100
Schutzpotentialausgleich, Definition	100	Time-Sensitive-Networking, Definition ..	100
Segment, Definition	100	TN-C	109
Sicherheitshinweise	12	TN-S	110
Sichtprüfung	86	Topologien für ein APL-System	33
Source-Port	39, 100	Trunk Längenvarianten	59, 60
Spannungsabfall am gespeisten Trunk.	108	Trunk, Definition	100
Spur, Definition	100	Trunk_in	38
Spur-Topologiebeispiel IEC, ATEC oder NEC 505	45	Trunk_out	38
Spur-Topologie-Beispiel nach NEC 500 .	48	Trunk-Topologie Beispiel	47
Standard-Feldgerät	21	Trunk-Topologie-Beispiel NEC 500	49
Standard-Industrial-Ethernet-Switch. 20, 28		TSN, Definition	100
Stichleitung, Definition	100	Überspannungsableiter, Definition	100
Stromschleife	19	Überspannungsschutz	70
Struktur des APL-Netzwerks	38	Umgebungsbedingungen	34
Struktur des übergeordneten Netzwerks	37	Unterschiede Industrial Ethernet und APL	25
Switch	20, 28	Vagabundierende Ströme	109
Switch, Definition	100	Verbindungstechnologien	32
Switch-Typen	28	Verfügbarkeit	56
Symbole für Bereiche	22	Verlegung von Leitungen	71
Symbole für Energieversorgung	18	Vermaschter Potentialausgleich, Definition	100
Symbole für Kabeltypen	18	Vermaschtes Potentialausgleichssystem	66
Symbole für Komponenten	20	Wording	12
Symbole für Steckverbinder	18	Zielgruppe	11
Symbole und ihre Bedeutung	18	Zielgruppe Installation	11
Systemstruktur mit gespeistem Trunk	42	Zielgruppe Planung	11
TAP	100		

www.ethernet-apl.org

Länge: 158905 Zeichen

September 2022

2022 © Copyright by:

FieldComm Group

9430 Research Blvd, Suite 1-120 • Austin, TX 78759 • USA

Phone: +1 (512) 792-2300

E-Mail info@fieldcommgroup.org

<https://www.fieldcommgroup.org>

ODVA, INC

4220 Varsity Dr. • Ann Arbor • Michigan USA

Phone: +1 734 975 8840 E-Mail odva@odva.org

<https://www.odva.org>

OPC Foundation

16101 N. 82nd Street, Suite 3B • Scottsdale • AZ 85260 • 1868 USA

Phone: +1 480 483-6644

E-Mail: michael.bryant@opcfoundation.org

<https://opcfoundation.org/>

PROFIBUS Nutzerorganisation e. V. (PNO)

PROFIBUS & PROFINET International (PI)

Haid-und-Neu-Str. 7 • 76131 Karlsruhe • Deutschland

Phone +49 721 986 197 0

E-Mail: info@profibus.com

<https://www.profibus.com> • <https://www.profinet.com>

8.121