

DIN EN IEC 62657-3

ICS 25.040.40; 35.110

Einsprüche bis 2021-03-15

Entwurf

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Funk-Kommunikationsnetze –
Teil 3: Formale Beschreibung des automatisierten
Koexistenzmanagements und Anwendungsleitfaden
(IEC 65C/1005/CD:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Industrial communication networks –
Wireless communication networks –
Part 3: Formal description of the automated coexistence management and application
guidance
(IEC 65C/1005/CD:2020);
Text in German and English

Réseaux de communication industriels –
Réseaux de communication sans fil –
Partie 3: Description formelle de la gestion automatique de coexistence et guide
d'application
(IEC 65C/1005/CD:2020);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-01-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE oder Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 64 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 65C/1045/CDV:2020-09 „Industrial communication networks – Wireless communication networks – Part 3: Formal description of the automated coexistence management and application guidance“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/SC 65C „Industrial networks“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 956 „Industrielle Kommunikation“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
3.1 Begriffe aus IEC 62657-2.....	7
3.2 Zusätzliche Begriffe.....	9
3.3 Abkürzungen.....	10
4 Automatisiertes, kooperatives Koexistenzmanagement.....	10
4.1 Begründung.....	10
4.2 Anwendungsszenarien.....	11
4.2.1 Allgemeines.....	11
4.2.2 Erstellung der Funkindustriautomation.....	11
4.2.3 Betrieb und Instandhaltung der Funkindustriautomation.....	12
4.2.4 Kontrollierte / nicht-kontrollierte Bereiche.....	13
4.2.5 Gerät mit/ohne Minderungstechniken.....	13
4.2.6 Feste, bewegliche oder drehende Geräte.....	13
4.2.7 Vorübergehend installierte Geräte.....	13
5 Verfahren zur Koexistenzbeschreibung.....	13
5.1 Betrachteter Bereich.....	13
5.2 Funkindustriautomationsmodell.....	15
5.2.1 Klasse „Funkautomationsanwendung“.....	15
5.2.2 Klasse „Verteiltes Automatisierungssystem“.....	17
5.2.3 Klasse „Funkfrequenzumgebung“.....	19
5.2.4 Klasse „Funkkommunikationssystem“.....	20
5.3 Anwendungsbezogene Einflussparameter.....	22
5.3.1 Klasse „Verteiltes Automatisierungssystem“.....	22
5.3.2 Klasse „Lokale Automatisierungsfunktion“.....	23
5.3.3 Klasse „Logische Topologie“.....	23
5.3.4 Klasse „Referenzschnittstelle“.....	23
5.3.5 Klasse „Logische Verknüpfung“.....	24
5.3.6 Klasse „Logischer Endpunkt“.....	24
5.3.7 Charakteristische Parameter.....	24
5.4 Umgebungsbezogene Einflussparameter.....	26
5.4.1 Anzahl der passiven Umgebungseinflüsse.....	26
5.4.2 Klasse „Passive Umgebungseinflüsse“.....	26
5.4.3 Klasse „Ausbreitungsbedingungen“.....	27
5.4.4 Klasse „Physische Übertragungsschicht“.....	27
5.4.5 Anzahl aktiver Umgebungseinflüsse.....	27
5.4.6 Klasse „Aktiver Umgebungseinfluss“.....	28

	Seite
5.5 Funkgerät- und systembezogene Einflussparameter.....	28
5.5.1 Klasse „Funkkommunikationssystem“.....	28
5.5.2 Klasse „Funkkommunikationsmodul“.....	29
5.5.3 Klasse „Referenzschnittstelle“.....	29
5.5.4 Klasse „Physische Übertragungsschicht“.....	29
5.5.5 Klasse „Funktopologie“.....	29
5.5.6 Klasse „Funkverknüpfung“.....	29
5.5.7 Klasse „Funkendpunkt“.....	29
5.6 Profilentwicklung.....	29
6 Architektur des zentralen Koordinierungspunkts.....	30
6.1 Modellanwendungsanleitung.....	30
6.2 Datenbankdienst.....	31
6.3 Status des Funksystems.....	32
6.4 Anwendungsstatus.....	32
6.5 Analyse des Funkfrequenzspektrums.....	32
6.6 Statusanalyse.....	32
6.7 Ressourcenzuweisung.....	32
Literaturhinweise	33

Bilder

	Seite
Bild 1 – Beziehung zwischen den Teilen von IEC 62657.....	6
Bild 2 – Anforderungsprofil einer räumlich verteilten Automatisierungsanwendung, abgedeckt durch ein Kapazitätsprofil einer Funkkommunikationslösung.....	14
Bild 3 – Struktur der Funkindustrieautomation.....	15
Bild 4 – Schnittstellen der Funkindustrieautomation.....	16
Bild 5 – Klassenmodell des betrachteten Bereichs für die Funkindustrieautomation.....	17
Bild 6 – Verteiltes Automatisierungssystem.....	18
Bild 7 – Systemmodell des verteilten Automatisierungssystems.....	18
Bild 8 – Funkfrequenzumgebung.....	19
Bild 9 – Systemmodell der Funkfrequenzumgebung.....	20
Bild 10 – Funkkommunikationssystem.....	20
Bild 11 – Systemmodell des Funkkommunikationsnetzes.....	21
Bild 12 – Nach Profilen gruppierte Einflussparameter.....	30
Bild 13 – Beziehung zwischen Systemmodellen und ihrer Anwendung in einem CCP-Konzept.....	31

Tabellen

	Seite
Tabelle 1 – Zielgruppe der Normenreihe IEC 62657.....	5
Tabelle 2 – Relevante charakteristische Parameter.....	25
Tabelle 3 – Relevante statistische Werte charakteristischer Parameter.....	26

Einleitung

Die vorgesehene Zielgruppe der Normenreihe IEC 62657 ist in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Zielgruppe der Normenreihe IEC 62657

	Teil 1 Anforderungen und Überlegungen zur Frequenznutzung	Teil 2 Koexistenzmanagement	Teil 3 Architektur und Anwendung	Teil 4 Koordinierung von Funkanwendungen
1. Regulierer	✓			
2. IA-Experte	✓			
3. Anlageneigentümer		✓	✓	
4. Gerätehersteller		✓	✓	✓
5. Systemintegrator	✓	✓	✓	✓

Dieses Dokument richtet sich an die Eigentümer von Anlagen, die industrielle Funklösungen betreiben, Hersteller industrieller Funkgeräte sowie Systemintegratoren und Bediener für Funkssysteme.

Anlageneigentümer müssen die Art des Koexistenzstatus im Hinblick auf Funk-Automatisierungssysteme kennen. Darüber hinaus müssen sie sicherstellen, dass alle Einflüsse von Parametern auf industrielle Funkanwendungslösungen berücksichtigt werden. Dieses Dokument liefert ihnen die notwendigen Informationen, um die Koexistenzmanagementparameter und jede Beziehung für einen zuverlässigen Anlagenbetrieb zu verstehen.

Gerätehersteller sollten quantitative Parameter zu ihren Funkgeräten und -systemen zur Handhabung der Koexistenz der industriellen Funkanwendung auf der Grundlage von IEC 62657-2 bereitstellen. Dieses Dokument legt die verbundenen Parameter und ihre Schnittstellen zur Verbindung von Geräten für das automatische Koexistenzmanagement fest.

Systemintegratoren sollten in Zusammenarbeit mit dem Anlageneigentümer und den Geräteherstellern industrielle Funkautomatisierungssysteme gestalten, implementieren und während der gesamten Lebensdauer der Anlage steuern. Dieses Dokument bietet wesentliche Parameter und Schnittstellen für das Koexistenzmanagement für Systemintegratoren.

Eine Erwägung dieses Dokuments besteht darin, die Merkmale eines automatischen kooperativen Koexistenzmanagements darzustellen, das charakteristische Parameter nutzt, um beispielsweise einen zentralen Koordinierungspunkt (en: central coordination point (CCP)), einen software-definierten Netzwerkansatz oder ein Weltweites Navigationssatellitensystem (en: Global navigation satellite system (GNSS)) zu erstellen.

Bild 1 zeigt die Beziehung zwischen den Teilen von IEC 62657.

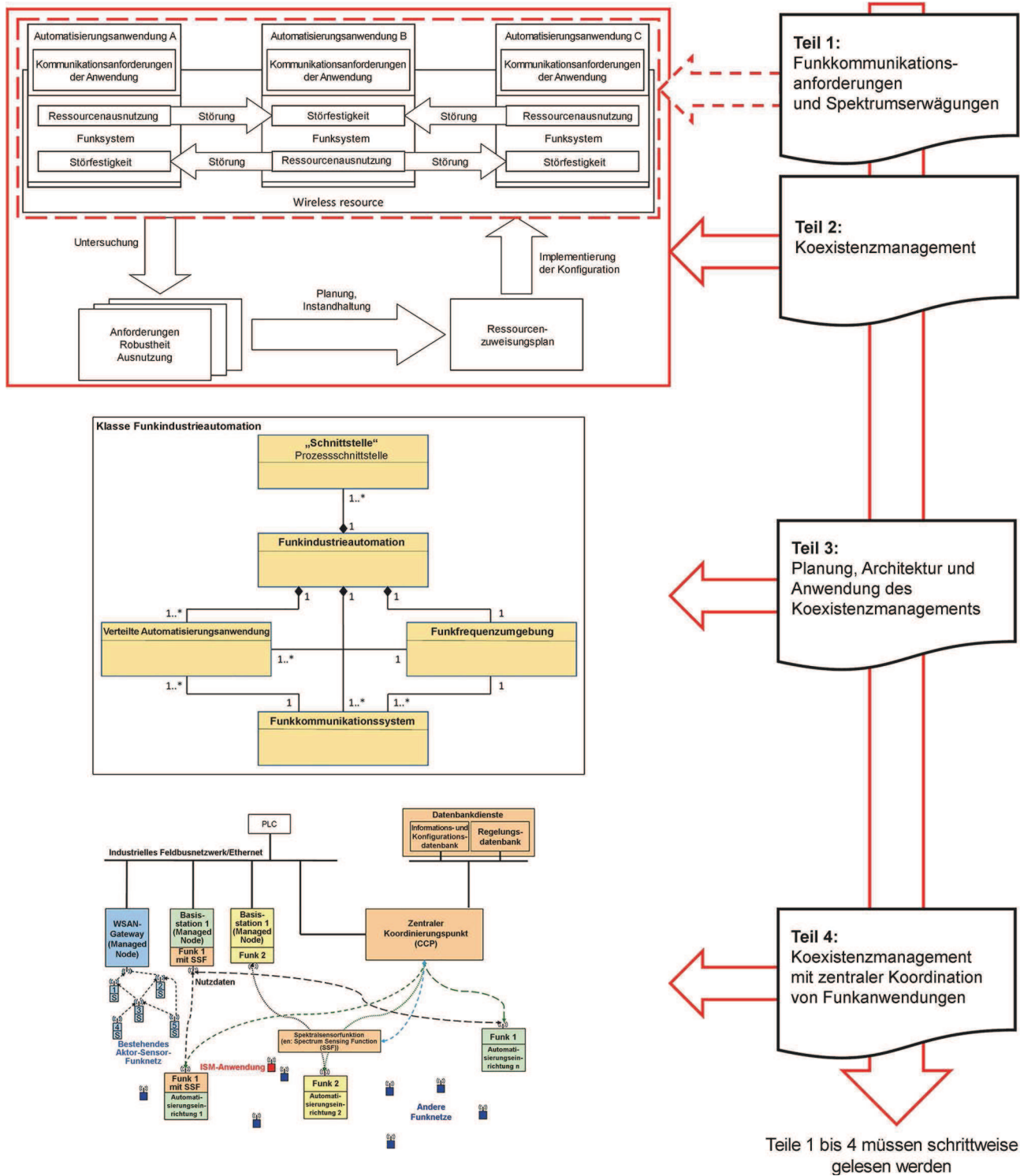


Bild 1 – Beziehung zwischen den Teilen von IEC 62657

Industrielle Kommunikationsnetze – Funk-Kommunikationsnetze

– Teil 3: Formale Beschreibung des automatisierten Koexistenzmanagements und Anwendungsleitfaden

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil 3 von IEC 62657 legt einen allgemeinen Modellansatz für das automatisierte Koexistenzmanagement fest und bietet einen Anwendungsleitfaden. Dieses Dokument sieht die Nutzung verbundener Parameter und Schnittstellen zur Erstellung und Aufrechterhaltung von Funktionen für automatisches Koexistenzmanagement vor. Dieses Dokument enthält eine abstrakte Beschreibung der Systemelemente, -eigenschaften, -schnittstellen und Beziehungen zwischen Einflussparametern und charakteristischen Parametern nach IEC 62657-1 und IEC 62657-2.

ANMERKUNG IEC 62657-4 legt den zentralen Koordinierungspunkt-Ansatz als ein Beispiel für die Nutzung der formalen Beschreibung in diesem Dokument fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 62657-1, *Industrial communication networks – wireless communication networks – Part 1: Wireless communication requirements and spectrum considerations*

IEC 62657-2, *Industrial communication networks – wireless communication networks – Part 2: Coexistence management*

IEC 62657-4, *Industrial communication networks – wireless communication networks – Part 4: Coexistence management with central coordination of wireless applications*

3 Begriffe

3.1 Begriffe aus IEC 62657-2

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe nach IEC 62657-2:

Kommunikationsanforderungen der Anwendung

Automatisierungsanwendung

Kanalnummer

Eigenschaften des Betriebsbereichs

Koexistenz

Koexistenzmanagement

Koexistenzmanager

Kommunikationsverfügbarkeit

Kommunikationslast

Grenzfrequenz

Datendurchsatz

Abstand zwischen Funkgeräten
Betriebszyklus
elektromagnetische Störung
Frequenzband
Frequenzbandbreite
Frequenzkanal
industrielle Automatisierungsanwendung
industrielles Kommunikationsnetz
industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendung
Infrastrukturgerät
Störung
Lebenszyklus
untere Grenzfrequenz
Modulation
natürliche Umgebungsbedingung
Netz
Netztopologie
Paket
Leistungsanforderungen
physikalische Verbindung
Anlage
spektrale Leistungsdichte
Funkkanal
Referenzschnittstelle
regionale Funkvorschrift
relative Bewegung
Antwortzeit
Widerstandsfähigkeit
Sendezeitabstand
Übertragungszeit
Sendesequenz
Aktualisierungszeit
obere Grenzfrequenz
Funkanwendung
Funkkommunikation
Funkkommunikationsanwendung
Funkkommunikationsnetz
Funkkommunikationslösung
Funkkommunikationslösung

Funkkommunikationssystem
Funkgerät
Funknetz
Funklösung
Funktechnologie

3.2 Zusätzliche Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.2.1

Industrieautomationssystem

Satz von verbundenen industriellen Automatisierungsanwendungen

3.2.2

Sichtlinie

(En: line of sight (LOS))

Sender- und Empfängerstationen in Sichtlinie zueinander ohne irgendeine Art von Hindernissen zwischen ihnen

3.2.3

Nachricht

Informationen, die in einem oder mehreren Paketen von einem Sender an einen oder mehrere Empfänger übertragen werden

[QUELLE: IEC 62280:2014, 3.1.31, geändert]

3.2.4

Nachrichtenverlustrate

Verhältnis, angegeben als Prozentsatz der Anzahl der nicht zugestellten Nachrichten geteilt durch die Gesamtzahl der Nachrichten während eines Zeitintervalls t , dabei ist die Anzahl der nicht zugestellten Nachrichten die Differenz zwischen der Anzahl der den Eintrittspunkt erreichenden Nachrichten und der Anzahl der an den Austrittspunkt gelieferten Nachrichten in einer direkten Verbindung

3.2.5

ohne Sichtverbindung

(en: none line of sight) (NLoS)

Ausbreitungspfad einer Funkfrequenz (RF), der (teilweise oder vollständig) durch Hindernisse verdeckt ist und den Durchgang des Funksignals so erschwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufige Hindernisse zwischen Funksendern und Funkempfängern sind hohe Gebäude, Bäume, Landschaftsmerkmale und Hochspannungsleitungen. Während einige Hindernisse das Funksignal absorbieren und andere es reflektieren, begrenzen alle die Übertragungsfähigkeit von Signalen.

3.2.6

blockierte Sichtverbindung

(en: obstructed line of sight (OLoS))

Hindernisse, die in die erste Fresnel-Zone eindringen, aber den LOS-Pfad nicht blockieren, bei denen die konstruktive und destruktive Interferenz durch die reflektierte Wellenfront das Problem ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Eindringen in den innersten Bereich der ersten Fresnel-Zone wird zu einer Reduzierung

oder der Ausblendung des empfangenen Signalpegels führen. An dem Punkt, an dem die Blockierung den LOS-Pfad tangential berührt, werden die Signalverluste 6 dB oder mehr betragen. Die beste Praktik besteht darin, mindestens 60 % des Radius der ersten Fresnel-Zone frei von Hindernissen zu halten, um eine Reduzierung oder ein Ausblenden des empfangenen Signals zu verhindern.

3.2.7

Überlebenszeit

Zeit, für die eine Anwendung, die einen Kommunikationsdienst nutzt, ohne eine erwartete Nachricht fortbestehen kann

3.2.8

Ausfallabstand

Betriebszeit in Verbindung mit einem Dienst, einem Gerät oder einem System

3.3 Abkürzungen

BNC	Bayonet Neill–Concelman
CCP	zentraler Koordinierungspunkt (en: central coordination point)
DAA	Feststellung und Vermeidung von Störungen (en: detect and avoid) PLC
GNSS	Weltweites Navigationssatellitensystem (en: global navigation satellite system)
I/O	Eingang und Ausgang (en: input and output)
IA	Industrieautomation (en: industrial automation)
ISM	industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendung (en: industrial, scientific and medical application)
LOS	erst lauschen, dann senden (en: listen before talk)
NLOS	Sichtverbindung (en: line of sight)
BNC	ohne Sichtverbindung (en: none line of sight)
OLOS	blockierte Sichtverbindung (en: obstructed line of sight)
P95	Perzentil
PCB	Leiterplatte (en: printed circuit board)
PLC	speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) (en: programmable logic controller)
PSD	spektrale Leistungsdichte (en: power spectral density)
RED	Funkgeräterichtlinie (en: radio equipment directive)
SIL	Sicherheits-Integritätslevel (en: safety integrity level)
XML	erweiterbare Auszeichnungssprache (en: Extensible Mark-up Language)

4 Automatisiertes, kooperatives Koexistenzmanagement

4.1 Begründung

Funkkommunikationssysteme für Industrieautomationsanwendungen sollten einen Koexistenzmanagementprozess implementieren, der während des gesamten Lebenszyklus der Anwendung aufrechterhalten werden kann. Koexistenzmanagementparameter sind formell festgelegt, um eine formale Beschreibung des Koexistenzmanagementprozesses zu ermöglichen. Die formale Beschreibung bildet die Grundlage für die Nutzung von Funkkommunikationssystemen während des Lebenszyklus der Automatisierungsanwendung.

Dieses Dokument legt die Systemelemente, Eigenschaften, Schnittstellen und Beziehungen zwischen Einflussparametern und charakteristischen Parametern nach IEC 62657-1 und IEC 62657-2 fest. Es beschreibt, wie relevante Parameter für die Anwendung zur Profilspezifikation erfasst werden. Da eine Profilspezifikation eine Abstraktion vieler verschiedener einzelner Anwendungsfälle ist, werden auch die für diesen Zweck verwendeten Parameter abstrahiert.

Dieses Dokument kann verwendet werden, um einen Beitrag zu nationalen und regionalen Regulierungen zu leisten. Es befreit Geräte nicht von der Einhaltung der Konformität mit allen Anforderungen nationaler und regionaler Regulierungen.

4.2 Anwendungsszenarien

4.2.1 Allgemeines

Das automatisierte kooperative Koexistenzmanagement dient dazu, eine Analyse des Koexistenzzustands zu liefern, die in Echtzeit fluktuiert und die optimale Lösung selbstständig implementiert, um den Betrieb von Funkanwendungen zu stabilisieren. Es hat die folgenden Funktionen:

- Erkennung der optimalen Lösungen für Koexistenzprobleme.
- Optimierung des Koexistenzmanagementplans.
- Implementierung robuster und flexibler Funkanwendungen auch bei dynamischer Fluktuation in der Funkfrequenzumgebung.
- Schnelle Implementierung neuer industrieller Funkanwendungen.
- Optimierung einer Lösung durch Identifizierung der Ursache für das Problem aus einer umfangreichen Kombination von Koexistenzmanagementparametern.

Es ermöglicht die Bereitstellung effizienter Arbeitsprozesse für die Instandhaltung des Funknetzes. Das kooperative Koexistenzmanagement bietet die folgenden Vorteile:

- Reduzierung oder Beseitigung von Störungen, die zu ungeplanten Stillstandzeiten führen.
- Reduzierung oder Vermeidung einer aufwendigen, kosten- und zeitintensiven Störungsbeseitigung.
- Reduzierung des Arbeits- und Zeitaufwands der Einführung neuer Funkanwendungen.

Dieser Abschnitt beschreibt übliche Anwendungsszenarien im automatisierten kooperativen Koexistenzmanagement während der gesamten Lebensdauer der Anlage.

4.2.2 Erstellung der Funkindustrieautomation

4.2.2.1 Allgemeines

Zwei Arten von Projekten werden für Gebäude- und Industrieautomationsanwendungen durchgeführt. Das eine ist ein Projekt auf unerschlossenen und das andere ein Projekt auf bereits erschlossenen Grundstücken. Mit automatisiertem kooperativem Koexistenzmanagement genutzte Anwendungsszenarien aus Sicht des Koexistenzmanagements werden in 4.2.2 für diese beiden Projekttypen beschrieben.

4.2.2.2 Vollständige Neuentwicklungsprojekte

Diese Projekte sind vollständig neu erbaute Anlagen.

Funkkommunikationslösungen werden entsprechend den Kommunikationsanforderungen der Anwendung geplant und konstruiert. Die mit dem Funksystem und dem Funkgerät verbundenen Einflussparameter werden für die Anwendung im automatisierten Koexistenzmanagement gespeichert. Für die Beurteilung der Ausbreitungsbedingungen, der relevanten Störungen und der Einflüsse dieser Störungen wird die Funkfrequenzumgebung beispielsweise mit Netzanalysatoren oder Spektralsensoren untersucht. Die mit der Umgebung verbundenen Einflussparameter wie etwa Funksignale, Frequenzen, Maschinenzyklen und ihre

Fluktuationen werden aufgezeichnet und in der Datenbank des kooperativen Koexistenzmanagers gespeichert. Diese Information kann auch verwendet werden, um neue Funkanwendungen entsprechen zu konfigurieren.

Untersuchungen unter Verwendung des kooperativen Koexistenzmanagements unter Laborbedingungen können auch als Vorbereitung für die Implementierung einer Funklösung sinnvoll sein, wenn die Zielumgebung noch nicht fertiggestellt ist (z. B. beim Neubau einer Produktionshalle).

4.2.2.3 Entwicklungsprojekte auf erschlossenen Grundstücken

Diese Projekte werden auf Grundstücken ausgeführt, die bereits für den Fertigungs- oder Prozessbetrieb erschlossen sind und genutzt werden. Die neue Funklösung muss in die verfügbare Implementierung integriert werden.

Während der Planung, Konstruktion und Implementierung einer neuen Funklösung im Rahmen von Projekten auf bereits erschlossenen Grundstücken müssen die Kollisionsrisiken und das bereits zugewiesene Spektrum analysiert werden. Je nach Kommunikationsanforderungen der Anwendung kann es möglich sein, dass bestehende Lösungen rekonfiguriert werden müssen. Die Werte der Einflussparameter müssen in die Implementierungen für das kooperative Koexistenzmanagement eingebunden werden.

4.2.3 Betrieb und Instandhaltung der Funkindustrieautomation

4.2.3.1 Allgemeines

Der kooperative Koexistenzmanager überwacht den Betrieb der Funkautomatisierungsanwendungen, um den Zustand der Koexistenz kontinuierlich zu überwachen. Die folgenden Instandhaltungsarbeiten in der Funkindustrieautomation werden effektiv unter Verwendung des kooperativen Koexistenzmanagements durchgeführt.

4.2.3.2 Verschlechterung des Existenzzustands

Wenn sich die Koexistenzzustandsfunktion auf ein inakzeptables Maß verschlechtert (siehe IEC 62657-4: —, Bild 3), wird die Planungsphase des Koexistenzmanagements eingeleitet, um den Koexistenzzustand zu verbessern. Kooperatives Koexistenzmanagement berechnet Spektralressourcen auf der Grundlage der verbundenen Leistungsparameter und weist sie neu zu.

4.2.3.3 Rekonfiguration des Funkkommunikationssystems

Eine Rekonfiguration eines Funkkommunikationssystems wird in Abhängigkeit von den Anforderungen der Automatisierungsanwendung wie etwa der Hinzufügung neuer Geräte, der Verschiebung von Geräten mit festen Positionen oder der Entfernung von Geräten initiiert. Dies bedeutet, dass der Koexistenzzustand beeinflusst wird und aufgrund der Veränderung der Funkwellenausbreitungs Umgebung fluktuiert. In diesem Fall wird das kooperative Koexistenzmanagement dazu beitragen, Risiken und Arbeitsprozesse zu minimieren, um die Funkindustrieautomation instandzuhalten.

Wenn bereits Funkanwendungen in Betrieb sind, priorisiert das kooperative Koexistenzmanagement Spektralressourcen für bestehende Funklösungen kritischer Anwendungsklassen (beispielsweise Funktionssicherheits- und Steuerungsklassen) und ändert diese nicht, um Risiken im Betrieb einer Anlage zu minimieren.

4.2.3.4 Fehlersuche

Kooperatives Koexistenzmanagement zeichnet Leistungsparameter und charakteristische Parameter der Funkindustrieautomation kontinuierlich auf. Es trägt zur Analyse der Ursache und des Mechanismus eines Fehlers bei. Anschließend rekonfiguriert das kooperative Koexistenzmanagement die Spektralressourcen wie etwa Frequenz, Kanäle, Übertragungszeit und Netzwerktopologie auf der Grundlage der Ursache des Fehlers.

4.2.4 Kontrollierte / nicht-kontrollierte Bereiche

Ein geografischer Bereich kann für das Koexistenzmanagement in Industrieautomationsanwendungen für eine Anlage in kontrollierte oder nicht-kontrollierte/öffentliche Bereiche unterteilt werden. Das kooperative Koexistenzmanagement verfolgt den Koexistenzzustand aller verwalteten Geräte in kontrollierten Bereichen.

Darüber hinaus überwacht das kooperative Koexistenzmanagement das Funkspektrum im unkontrollierten Bereich, um nach potenziellen Risiken für das Funkkommunikationssystem im kontrollierten Bereich zu suchen. Es trägt zu einem stabilen Betrieb des Funkkommunikationssystems in Industrieautomationsanwendungen bei.

4.2.5 Gerät mit/ohne Minderungstechniken

Das kooperative Koexistenzmanagement liest verbundene Parameter für die Minderungstechnik eines verwalteten Funkgeräts wie etwa einer Leistungs-Leitebeneneinrichtung, Zeitfenster-Zuweisung, Frequenzauswahl, erst lauschen, dann senden (LBT) und Feststellung und Vermeidung (DAA). Anschließend werden diese Parameter konfiguriert, um den Koexistenzzustand in Übereinstimmung mit den regionalen Funkvorschriften durch kooperatives Koexistenzmanagement zu optimieren.

Im Fall der Konstruktion von mit kostengünstigen Batterien angetriebenen Funkgeräten für nicht-kritische Anwendungen könnten die Minderungstechniken nicht implementiert werden. Dies liegt daran, dass der Minderungsmechanismus Rechenleistung benötigt, die die Batterielebensdauer verringert.

Kooperatives Koexistenzmanagement nutzt Geräte mit oder ohne Minderung im selben Anlagenbereich. Es hat nur einen minimalen Einfluss auf die gegenseitige Interferenz, indem es Spektralressourcen in den Frequenz-, Zeit- und Raum-Bereichen zuweist.

4.2.6 Feste, bewegliche oder drehende Geräte

Der Abstand zwischen Funkgeräten bestimmt das Fading (Schwund), das die Eigenschaften des Frequenzkanals maßgeblich beeinflusst. Er hängt von den Positionen der Funkgeräte ab, die hauptsächlich durch die Automatisierungsanwendung vorgegeben sind.

Feste Geräte dienen grundsätzlich der kontinuierlichen Überwachung und Kontrolle in Automatisierungsanwendungen. Einige Geräte befinden sich in einer Multipfad-Umgebung wie etwa in einem Rohrleitungslabyrinth. Einige dieser Geräte können für kritische Anwendungen eingesetzt werden. Um die Anforderungen an seine Automatisierungsanwendungen zu erfüllen, priorisiert das kooperative Koexistenzmanagement die Zuweisung von Spektralressourcen für diese Geräte.

Im Fall von beweglichen oder drehenden Funkgeräten kann die Entfernung der Funkkommunikation dynamisch variieren. Für diese Geräte ist die Bewegungsbahn von Bedeutung. Kooperatives Koexistenzmanagement verfolgt den Bereich der Fluktuationspegel der verbundenen Funkparameter während der Bewegung. Diese verfolgten Daten werden für die Berechnung der Spektralzuweisung verwendet.

4.2.7 Vorübergehend installierte Geräte

Vorübergehend installierte Funkmessgeräte für die Prozessanalyse und Fehlersuche bieten enorme Vorteile. Das kooperative Koexistenzmanagement weist Spektralressourcen für diese Geräte zu. Es berücksichtigt die Vermeidung aller Einflüsse für die Hauptanwender des Spektrums.

5 Verfahren zur Koexistenzbeschreibung

5.1 Betrachteter Bereich

Industrieautomationssysteme können aus räumlich verteilten Automatisierungsfunktionen (z. B. Erkennung, Messung, Steuerungsfunktionen) bestehen, die eine Anwendung bilden, wie in Bild 2 dargestellt. Funkkommunikationsfunktionen eines Funkkommunikationssystems dienen dazu, die Zusammenarbeit der Anwendungsfunktionen für einen optimalen Betrieb der physischen Prozesse sicherzustellen.

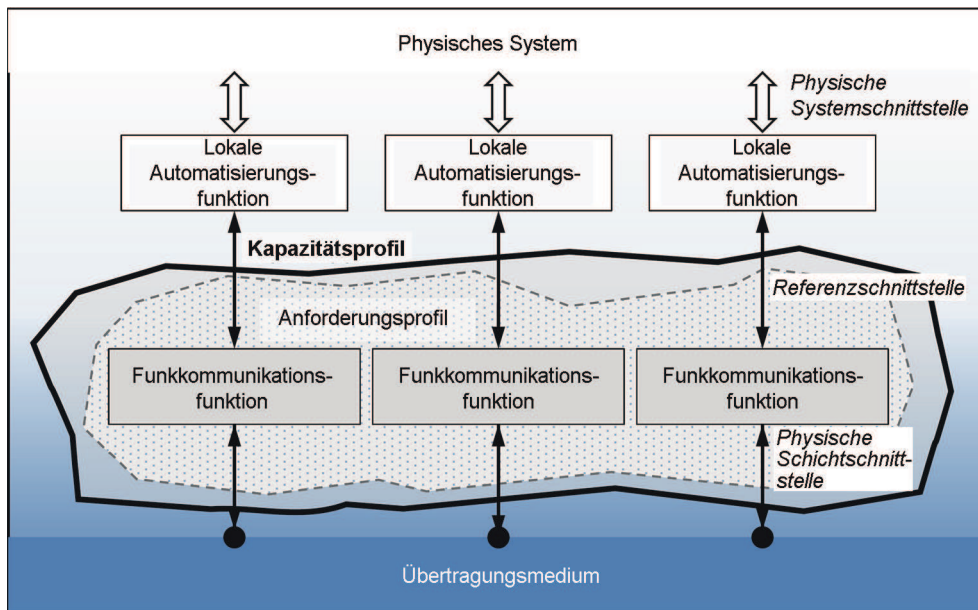


Bild 2 – Anforderungsprofil einer räumlich verteilten Automatisierungsanwendung, abgedeckt durch ein Kapazitätsprofil einer Funkkommunikationslösung

Bild 2 zeigt drei Blickpunkte auf die Anforderungen einer räumlich verteilten Automatisierungsanwendung:

- a) erforderlich,
- b) zugesagt,
- c) tatsächlich.

Die räumliche Verteilung der Automatisierungsfunktionen resultiert aus der räumlichen Verteilung eines physischen Systems. Das physische System und seine Umgebung bestimmen außerdem die Anforderungen an die Funkkommunikationslösung. Diese Anforderungen werden in einem Anforderungsprofil beschrieben.

Ein Anforderungsprofil besteht aus einer Reihe von erforderlichen Werten für einen festgelegten Parametersatz. Der Satz der zugesagten Werte für diesen Parametersatz sowie für die Parameter der Funkkommunikationslösung bilden das Kapazitätsprofil. Die Entscheidung, ob eine Funkkommunikationslösung die Anforderungen an einer Automatisierungsanwendung erfüllt, kann durch den Vergleich des Anforderungsprofils und des Kapazitätsprofils unterstützt werden. Bild 2 enthält die grafische Darstellung eines Beispiels, in dem ein Anforderungsprofil einer räumlich verteilten Automatisierungsanwendung durch das Kapazitätsprofil einer Funkkommunikationslösung abgedeckt ist.

Das Anforderungsprofil ist das vom Anwender geforderte Maximum und damit für ihn der ungünstigste Fall. Das Kapazitätsprofil stellt die Mindestkapazität dar, die für das Funkkommunikationssystem zugesagt wird. Die tatsächlichen Werte des Parametersatzes liegen zwischen diesen beiden Zuständen. Die tatsächlichen Werte der Parameter können rund um einen Mittelwert variieren. Dies ermöglicht die Gestaltung ausfallsicherer Systeme. Wenn jedoch ein vereinbarter Grenzwert überschritten wird, wechselt die damit verbundene Funkkommunikationsanwendung in den Ausfallzustand. Die Funkkoexistenz wird beschädigt und der Funkkoexistenz-Status wird auf falsch gesetzt.

Funk-Koexistenzmanagement wird empfohlen, wenn mehr als eine Funkkommunikationslösung in einer Anlage verwendet wird. Trotz der gegenseitigen Einflüsse der Funklösungen dürfen die tatsächlichen Werte der Parameter die erforderlichen Werte nicht überschreiten. Dies bedeutet, dass sich das Koexistenzmanagement selbst an den Anforderungsprofilen der Anwendungen orientiert und die Freiheitsgrade der Kapazitätsprofile (wie etwa Frequenzkanal-Bandbreite, Programmierungsschema, Ausbreitungsrichtung) nutzen kann, um den Koexistenzzustand aufrechtzuerhalten. Die Freiheitsgrade der Kapazitätsprofile reduzieren sich mit jeder neu installierten Funklösung. Wenn ein Kapazitätsprofil das Anforderungsprofil der Anwendung nicht mehr abdeckt, kann die Funkkommunikation in dieser Anlage nicht mehr genutzt werden.

5.2 Funkindustriemodell

5.2.1 Klasse „Funkautomationsanwendung“

Für die Entwicklung des Funkindustriemodells wird ein einfaches Beispiel verwendet. Das physische System besteht aus einer mobilen Fernsteuerung mit einem Schalter und dem Motor eines Krangreifers (siehe Bild 3). Die Steuerungsschalter zur Bewegung des Greifers. Das Schaltsignal wird von einem Eingangsmodul erkannt und an eine programmierbare logische Steuerung (PLC) gesendet. Hier wird das Ausgangssignal bestimmt und an das Ausgangsmodul gesendet. Das Ausgangsmodul sendet das Signal an den Motor.

Der Schalter und der Motor sind mobil. Das Eingangsmodul ist je nach Art der Aufgaben Teil der Fernsteuerung und das Ausgangsmodul befindet sich in der Nähe des Motors an dem Greifer. Die PLC befindet sich in einer zentralen Position. Das aus dem Eingangsmodul, dem Ausgangsmodul und der PLC bestehende Automatisierungssystem ist daher räumlich verteilt und enthält mobile Elemente. Aus diesem Grund wird ein Funkkommunikationssystem verwendet, um die Geräte zu verbinden, die lokale Automatisierungsfunktionen implementieren. Funkmodule, die Funkkommunikationsfunktionen implementieren, werden mit den Geräten des Automatisierungssystems verbunden. Die Funkwellenausbreitungsbedingungen und Funkstörungen charakterisieren die Funkfrequenzumgebung und beeinflussen die Funkkommunikation.

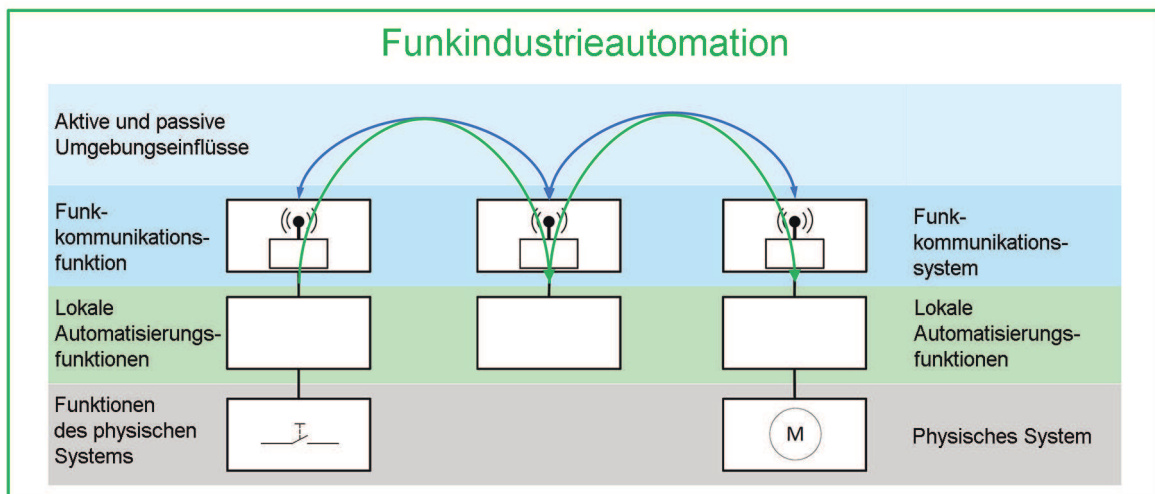


Bild 3 – Struktur der Funkindustriemodellierung

Bild 4 zeigt die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Systemen. Die physische Systemschnittstelle stellt die Verbindung zwischen einem Automatisierungsgerät und einer physischen Anlage wie etwa Schaltern, Temperaturfühlern, Ventilen oder Motoren dar.

Die Referenzschnittstelle ist die Schnittstelle zwischen einem Automatisierungsgerät und einem Funkkommunikationsmodul. Die Schnittstelle kann je nach Implementierung eine serielle oder parallele Kommunikationsschnittstelle sein, die Funktionen für den Datenaustausch wie etwa Kommunikationsprotokolle enthält. Die Referenzschnittstelle ist, wie in 5.3.4 beschrieben, wesentlich für die Beurteilung der Kommunikationsqualität und somit für den Koexistenzzustand.

Die physische Schichtschnittstelle bestimmt den Übergang des Funksignals in den Kommunikationskanal. Die Signalleistungsdichte an dieser Schnittstelle kann die Ursache der Störung sein. Das an dieser Schnittstelle empfangene Signal kann durch die Ausbreitungsbedingungen und Störungen so beeinflusst werden, dass ein Paketempfang fehlschlägt.

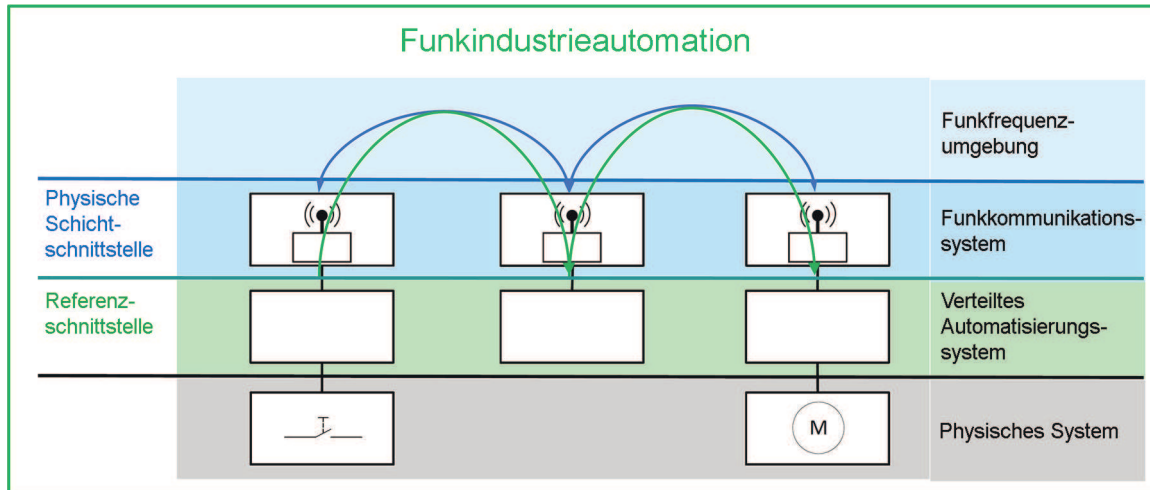


Bild 4 – Schnittstellen der Funkindustrialautomation

Auch wenn das physische System der Ursprung der Anforderungen an Funkkommunikationssysteme und ihre Koexistenz ist, muss es im Folgenden nicht weiter berücksichtigt werden. Die Referenzschnittstelle ist die Referenz für die Bewertung der Koexistenz.

Um Profilbeschreibungen abzuleiten, verwendet der in Bild 2 beschriebene betrachtete Bereich in einem ersten Schritt ein Klassendiagramm, um die Funkindustrialautomation zu beschreiben (siehe Bild 5).

Die Klasse „Funkindustrialautomation“ besteht aus drei Klassen. Die Klasse „Verteilte Automatisierungsanwendung“ repräsentiert die räumlich verteilten Automatisierungsfunktionen. Die Klasse „Funkfrequenzumgebung“ repräsentiert das Übertragungsmedium. Die Klasse „Funkkommunikationssystem“ repräsentiert die Funkkommunikationsfunktionen. Zwischen all diesen Klassen bestehen Beziehungen. Die Klasse „Funkindustrialautomation“ hat eine physische Systemschnittstelle als Schnittstellentyp wie in Bild 5 dargestellt. Instanzen dieser Schnittstelle können analoge oder digitale Eingänge oder Ausgänge oder eine Mensch-Maschine-Schnittstelle sein. Das Automatisierungssystem muss die Anforderungen des physischen Systems im Hinblick auf diese Schnittstelle erfüllen. Für die Funkkommunikation sind jedoch die resultierenden Anforderungen an die Referenzschnittstelle relevant. Die physische Schnittstelle wird hier daher nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt. Sie hat keinen direkten Einfluss auf die folgenden Erwägungen.

Das Rahmenwerk bietet Mittel zur Integration von Funkkommunikationssystemen als ein Modell für das Koexistenzmanagement.

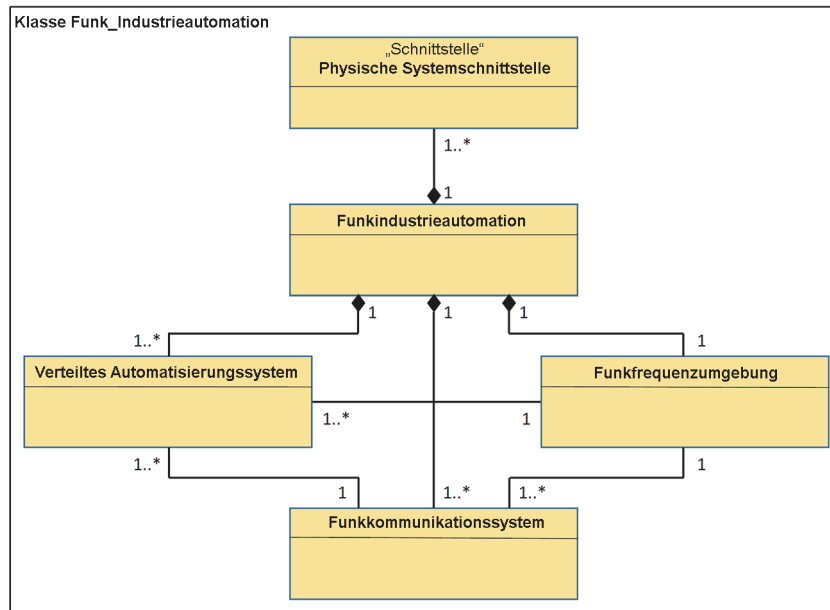


Bild 5 – Klassenmodell des betrachteten Bereichs für die Funkindustrieautomation

Das verteilte Automationssystem und die Funkfrequenzumgebung müssen aus Sicht der Nutzung der Funkkommunikation für industrielle Automatisierungsanwendungen als gegeben angenommen werden. Funkkommunikationslösungen werden im Hinblick auf die Koexistenz entsprechend den damit verbundenen Anforderungen ausgewählt, konfiguriert und gehandhabt. Aus diesem Grund wird in Abschnitt 6 zunächst das Modell für das verteilte Automatisierungssystem (siehe 6.1), danach das Modell für die Funkfrequenzumgebung und zuletzt das Modell für das Funkkommunikationssystem beschrieben.

Die Parameterbeschreibungen können 5.3 bis 5.5 entnommen werden. Diese XML-Schemata können für Implementierungen von Koexistenzmanagement-Anwendungen wie etwa einem zentralen Koordinierungspunkt genutzt werden.

5.2.2 Klasse „Verteiltes Automatisierungssystem“

Bild 6 zeigt mit dem oben eingeführten Beispiel der Funkindustrieautomation die Elemente, Beziehungen und Schnittstellen eines verteilten Automatisierungssystems. Die in Automatisierungsgeräten wie I/O-Modulen, Temperatur-Messumformer, Ventile oder Antriebssteuerung implementierten lokalen Automatisierungsfunktionen sind Elemente des verteilten Automatisierungssystems. Logische Verknüpfungen drücken beispielsweise die Übertragung der Eingangs- und Ausgangsdaten in Bezug auf den logischen Endpunkt aus. Logische Verknüpfungen können auch die Übertragung von Konfigurations- oder Diagnosedaten beschreiben. Diese logischen Verknüpfungen bilden die Topologie des Automatisierungssystems. Der korrekte Betrieb der lokalen Automatisierungsfunktionen und des gesamten Systems basiert auf der Zuverlässigkeit der logischen Verknüpfungen. Dies bedeutet, dass die zuverlässige Kommunikationsverfügbarkeit an den logischen Zielendpunkten der Referenzschnittstelle über den korrekten Betrieb der Anwendung entscheidet. Dies erfordert natürlich eine zuverlässige Bereitstellung der Daten an dem logischen Quellendpunkt durch die Anwendung.

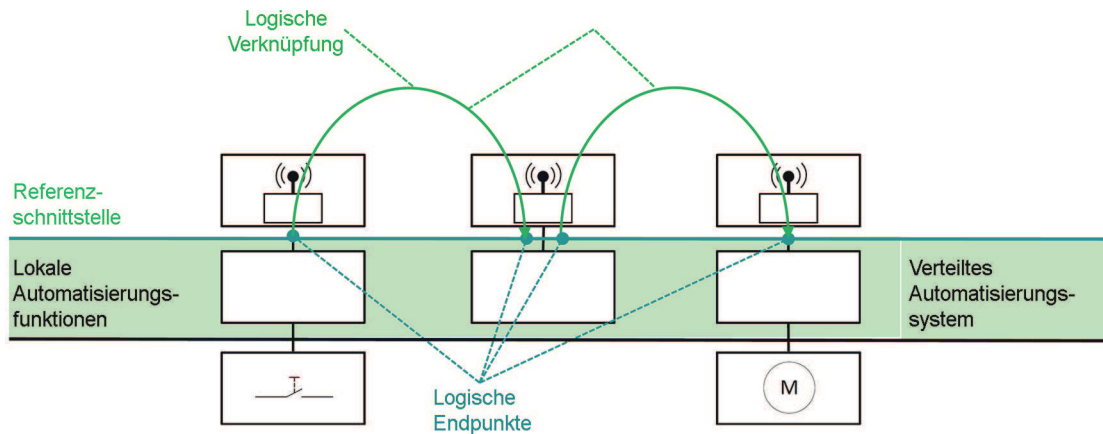


Bild 6 – Verteiltes Automatisierungssystem

Bild 7 zeigt die Abstraktion eines verteilten Automatisierungssystems als Systemmodell. Die Klasse „Lokale Automatisierungsfunktion“ beschreibt die Elemente und die Klasse „Logische Topologie“ die Beziehungen zwischen diesen Elementen. Die Klasse „Lokales Automatisierungssystem“ hat eine externe Schnittstelle mit der Bezeichnung „Referenzschnittstelle“. Die Referenzschnittstelle zeigt an, dass alle Parameter, die das Zeit- und Fehlverhalten eines Funkkommunikationssystems charakterisieren, mit dieser Schnittstelle verbunden sind. Die Beziehung zu der Klasse „Funkkommunikationssystem“ wird über diese Schnittstelle bereitgestellt. Die externe Schnittstelle mit der Bezeichnung „Physische Systemschnittstelle“ wird nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt.

Die Klasse „Logische Topologie“ wird durch Instanzen der Klasse „Logische Verknüpfung“ gebildet. Eine „logische Verknüpfung“ ist eine einfachgerichtete Beziehung zwischen zwei Instanzen der Klasse „Logischer Endpunkt“. Die Klasse „Referenzschnittstelle“ besteht aus einer Reihe von Instanzen der Klasse „Logischer Endpunkt“.

Die Asymmetrie eines bestätigten Kommunikationsdienstes wird mit zwei antiparallelen logischen Verknüpfungen modelliert. Eine Mehrpunkt- oder Sendeverbindung wird mit einer Reihe logischer Links mit einem gemeinsamen logischen Quellendpunkt und verschiedenen logischen Zielendpunkten modelliert.

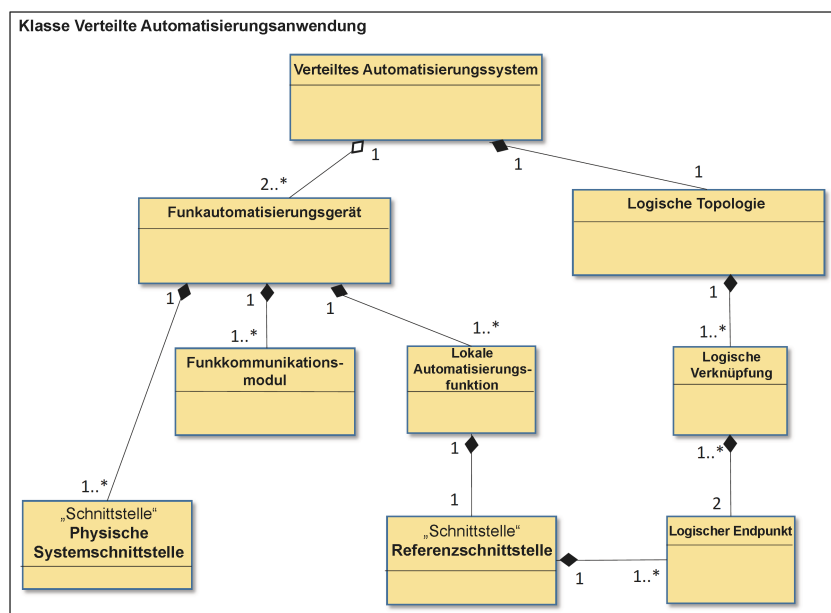


Bild 7 – Systemmodell des verteilten Automatisierungssystems

5.2.3 Klasse „Funkfrequenzumgebung“

Der Fokus in Bild 8 liegt auf der Funkfrequenzumgebung. Die Funkfrequenzumgebung ist der wesentliche Faktor der Funkkoexistenz. Störungen durch unerwünschte Signalausbreitungen während der beabsichtigten Datenübertragung können einen korrekten Empfang behindern. Darüber hinaus können physische Systeme wie Maschinen, Rohrleitungssysteme, Wände oder ähnliche Einrichtungen eine Dämpfung, Reflektion oder Beugung des Signals und somit eine merkliche Dämpfung verursachen. Das Verhältnis zwischen der Stärke des gewünschten Signals und der Stärke der Störung ist wesentlich für den korrekten Empfang. Es sollte jedoch beachtet werden, dass die Störsignale ebenfalls gedämpft werden. Der Einfluss der Signalausbreitung durch Hindernisse und reflektierende Materialien wird durch den Begriff „passive Umgebungseinflüsse“ zusammengefasst. Der Einfluss von Störsignalen wird durch den Begriff „aktive Umgebungseinflüsse“ zusammengefasst.

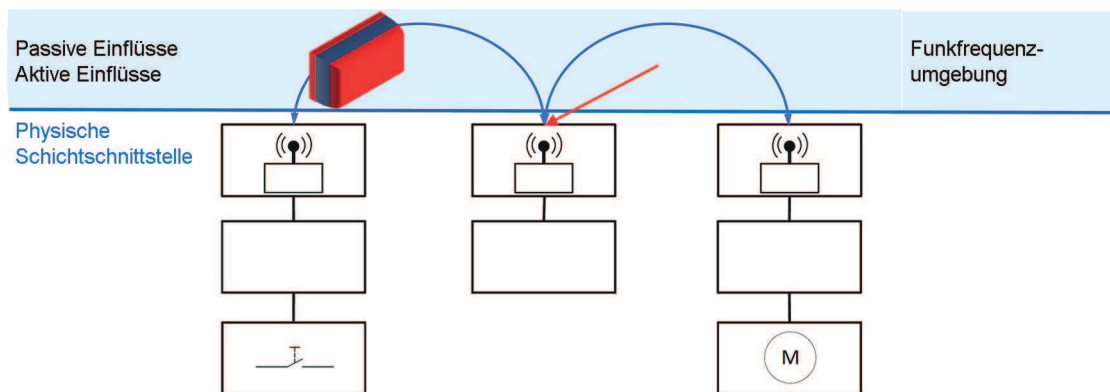


Bild 8 – Funkfrequenzumgebung

Bild 9 zeigt ein Systemmodell für die Klasse „Funkfrequenzumgebung“. Die relevanten Elemente sind die Klassen „Passive Umgebungseinflüsse“ und „Aktive Umgebungseinflüsse“. Die Klasse „Passive Umgebungseinflüsse“ ist eine Zusammensetzung aus Instanzen der Klasse „Ausbreitungsbedingungen“. Die Schnittstelle zwischen der Funkfrequenzumgebung und dem Funkkommunikationssystem wird als externe Schnittstelle mit der Bezeichnung „Physische Schichtschnittstelle“ modelliert. Instanzen dieser Schnittstelle können BNC-Verbinder, Leiterplatten (PCB)-Antennen oder Chip-Antennen sein, siehe Bild 5 und Bild 9.

Die Klasse „Aktive Umgebungseinflüsse“ ist eine Aggregation der Klassen „Störendes Funkkommunikationssystem“ und „Störende Funkanwendung“. Urheber der letzteren Klassen können beispielsweise ISM-Anwendungen sowie Emissionen anderer Geräte sein. Die Klasse „Aktive Umgebungseinflüsse“ hat eine Beziehung zu der Klasse „Passive Umgebungseinflüsse“. Hierdurch wird ausgedrückt, dass aktive Umgebungseinflüsse durch passive Umgebungseinflüsse beeinflusst werden, bevor sie wirken. Dies bedeutet, dass nicht nur das Anwendersignal, sondern auch das Signal eines Störers gedämpft wird.

Die relevanten Attribute für alle Klassen sind in 5.4 definiert.

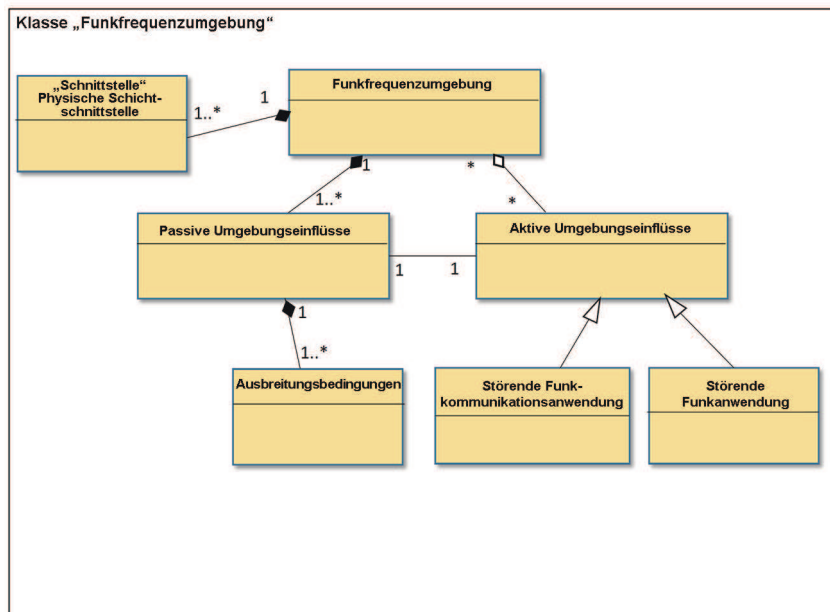


Bild 9 – Systemmodell der Funkfrequenzumgebung

5.2.4 Klasse „Funkkommunikationssystem“

Die zusammengehörenden Funkkommunikationsmodule bilden das Funkkommunikationssystem (siehe Bild 10). Die Funkverknüpfungen verbinden die Funkmodule entsprechend den Anforderungen des verteilten Automatisierungssystems. Die Funktopologie basiert jedoch nicht nur auf der logischen Topologie. Die Anforderungen der Funktechnologie und die erwarteten Umgebungseinflüsse müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Es kann beispielsweise erforderlich sein, Infrastrukturgeräte wie etwa Basisstationen, die keine direkte Beziehung zu der Anwendung haben, zu nutzen.

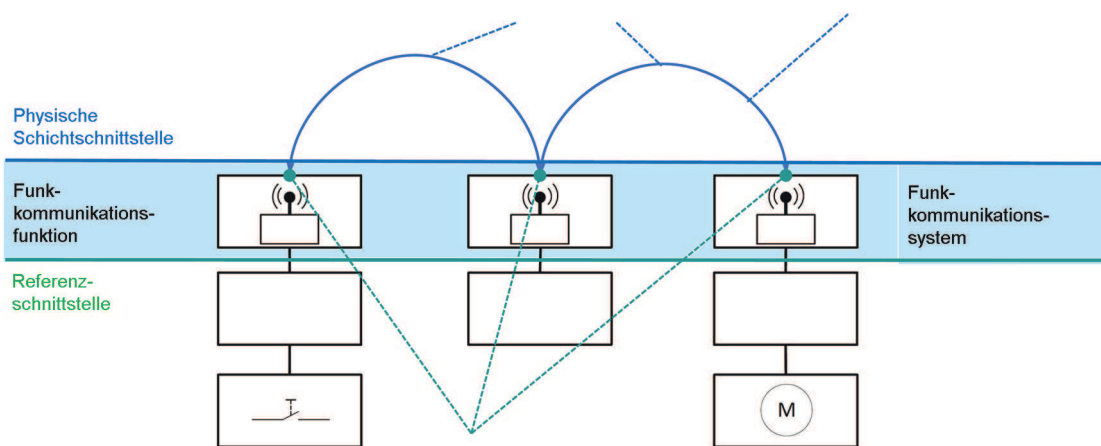


Bild 10 – Funkkommunikationssystem

Die Einflüsse der Funkfrequenzumgebung können an der physischen Schicht-schnittstelle beeinflusst oder bemerkt werden. Die Funkkommunikationsfunktionen können sicherstellen, dass fehlerhafte Funkübertragungen an der Referenz-schnittstelle bemerkt werden. Die folgenden Maßnahmen können zu diesem Zweck implementiert werden:

- Anpassung der Übertragungsleistung;
- Signalcodierungsverfahren;
- Modulationsverfahren;
- Funkkanalauswahl;
- Übertragungswiederholungen;