

DIN EN 62657-2

ICS 35.110

Entwurf

Einsprüche bis 2016-09-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62657-2:2016-02

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Funk-Kommunikationsnetze –
Teil 2: Koexistenz-Management
(IEC 65C/828/CDV:2015);
Deutsche Fassung FprEN 62657-2:2016**

Industrial communication networks –
Wireless communication networks –
Part 2: Wireless coexistence
(IEC 65C/828/CDV:2015);
German version FprEN 62657-2:2016

Réseaux de communication industriels –
Réseaux de communication sans fil –
Partie 2: Gestion de coexistence
(IEC 65C/828/CDV:2015);
Version allemande FprEN 62657-2:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-15 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 des 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, 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 180 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 62657-2:2016 „Industrielle Kommunikationsnetze – Funk-Kommunikationsnetze – Teil 2: Koexistenz-Management“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 65C/828/CDV:2015 „Industrial communication networks – Wireless communication networks – Part 2: Wireless coexistence“ unverändert in den Entwurf FprEN 62657-2:2016 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 SC 65C „Industrial networks“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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

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. ISO [und/oder] IEC sind 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.

Änderungen

Gegenüber der DIN EN 62657-2:2016-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Normativen Verweisungen, Begriffe, Abkürzungen und Akronyme;
- b) Begriffe hinzugefügt;
- c) Eingegangene Kommentare zum FDIS der 1. Ausgabe und damit verbundenen Problemen behoben;
- d) Die Begriffe bezüglich Lebenszyklus aus diesem Teil der DIN EN 62657-2 gegenüber den Begriffen der IEC 62890 geprüft und Erläuterungen hinzugefügt;
- e) Text hinsichtlich der Lesbarkeit modifiziert;
- f) Definitionen und Spezifikationen von Parametern bezüglich des CDD Projektes in der IEC SC3D zu diesem Teil der DIN EN 62657-2 abgeglichen.

– Leerseite –

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Funk-Kommunikationsnetze –
Teil 2: Koexistenz-Management**

Inhalt

	Seite
EINLEITUNG	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Abkürzungen und Akronyme	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Abkürzungen und Akronyme	18
3.3 Vereinbarungen	19
4 Koexistenzkonzept in der industriellen Automatisierung	19
4.1 Überblick	19
4.1.1 Allgemeines	19
4.1.2 Manuelles Koexistenzmanagement	20
4.1.3 Automatisiertes, nicht-kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement	20
4.1.4 Automatisiertes, kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement	21
4.2 Anforderungen an Funkgeräte für die Unterstützung des Koexistenzmanagements	22
4.3 Zweck	22
4.4 Notwendigkeit der Einführung eines Koexistenzmanagements	24
4.5 Störpotential	25
4.6 Randbedingungen	27
4.7 Bewährte Verfahren zur Herstellung von Koexistenz	28
4.8 Konzeptionelles Koexistenzmodell	30
4.9 Koexistenzmanagement und Auswahl einer Funklösung	32
4.10 Koexistenzmanagementsystem	34
5 Parameter des Koexistenzmanagements	34
5.1 Allgemeines	34
5.2 Nachbarkanaltrennschärfe	34
5.3 Antennentyp	34
5.4 Antennengewinn	35
5.5 Strahlungscharakteristik einer Antenne	35
5.6 Bandbreite	35
5.7 Bitrate der physikalischen Verbindung	35
5.8 Mittenfrequenz	35
5.9 Eigenschaften des Betriebsbereichs	36
5.10 Kommunikationslast	36
5.11 Grenzfrequenz	37

	Seite
5.12 Datendurchsatz	38
5.13 Charakteristische Geräteparameter	38
5.14 Abstand zwischen Funkgeräten	38
5.15 Betriebszyklus	39
5.16 Verweilzeit	41
5.17 Äquivalente isotrope Strahlungsleistung	42
5.18 Äquivalente Strahlungsleistung	42
5.19 Frequenzband	42
5.20 Frequenzkanal	42
5.21 Frequenzsprungverfahren	42
5.22 Planung der zukünftigen Erweiterung	43
5.23 Räumliche Ausdehnung der Anlage	43
5.24 Infrastrukturgerät	43
5.25 Initiierung der Datenübertragung	43
5.26 Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand	43
5.27 Einschränkungen durch Anrainer der Anlage	44
5.28 Maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung	44
5.29 Adaptive Verfahren	44
5.30 Mechanismen der Medienzugriffssteuerung	44
5.31 Modulation	45
5.32 Natürliche Umgebungsbedingung	45
5.33 Netztopologie	45
5.34 Anderer Frequenznutzer	45
5.35 Paketverlustrate	45
5.36 Physikalische Verbindung	46
5.37 Position von Funkgeräten	46
5.38 Spektrale Leistungsdichte	47
5.39 Zweck der Automatisierungsanwendung	47
5.40 Empfängerübersteuerung	47
5.41 Eingangspegel des Empfängers	48
5.42 Empfängerempfindlichkeit	48
5.43 Regionale Funkvorschriften	48
5.44 Relative Bewegung	48
5.45 Zuverlässigkeit	48
5.46 Antwortzeit	48
5.47 Sicherheitsgrad	49
5.48 Räumliche Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes	49
5.49 Nebenempfang	49

	Seite
5.50 Gesamte Strahlungsleistung	49
5.51 Sendezeitabstand	50
5.52 Übertragungslücke	51
5.53 Übertragungszeit	51
5.54 Ausgangsleistung des Senders	53
5.55 Sendesequenz	54
5.56 Spektralmaske des Senders	55
5.57 Aktualisierungszeit	55
5.58 Funkgerätedichte	56
5.59 Dichte von Funkkommunikationsnetzen	56
5.60 Funktechnologie oder Funknorm	57
6 Informationsstrukturen des Koexistenzmanagements	57
6.1 Allgemeines	57
6.2 Allgemeine Anlageneigenschaften	58
6.3 Kommunikationsanforderungen der Anwendung	59
6.3.1 Überblick	59
6.3.2 Anforderungen, die die Eigenschaften der Funklösungen beeinflussen	59
6.3.3 Leistungsanforderungen	60
6.4 Eigenschaften des Funksystem- und Funkgerätetyps	61
6.4.1 Überblick	61
6.4.2 Funksystemtyp	61
6.4.3 Funkgerätetyp	62
6.5 Eigenschaften von Funklösungen	65
6.5.1 Überblick	65
6.5.2 Eigenschaften einer Funknetzlösung	65
6.5.3 Eigenschaften der Funkgerätelösung	66
7 Koexistenzmanagementprozess	67
7.1 Allgemeines	67
7.1.1 Überblick	67
7.1.2 Dokumentation	67
7.1.3 Geeignete Dokumentationsmethode	70
7.1.4 Einsatz von Werkzeugen	71
7.2 Einrichtung eines Koexistenzmanagementsystems	71
7.2.1 Ernennung eines Koexistenzmanagers	71
7.2.2 Verantwortungsbereich eines Koexistenzmanagers	72
7.2.3 Unterstützung durch Funkspezialisten	72
7.2.4 Schulung	72
7.3 Pflege des Koexistenzmanagementsystems	73

	Seite
7.4 Phasen des Koexistenzmanagementprozesses	73
7.4.1 Untersuchungsphase	73
7.4.2 Planungsphase.....	76
7.4.3 Einführungsphase.....	78
7.4.4 Betriebsphase.....	79
8 Vorlagen für Koexistenzparameter	81
Literaturhinweise.....	86
Bilder	
Bild 1 – Betrachtungsraum	24
Bild 2 – Entwicklung des Aufwands zur Herstellung der Koexistenz nach den Anwendungsklassen	28
Bild 3 – Trennung von Funksystemen nach Frequenz und Zeit.....	29
Bild 4 – Konzeptionelles Koexistenzmodell	31
Bild 5 – Ablaufschema des konzeptionellen Koexistenzmodells	32
Bild 6 – Auswahl eines Funksystems im Koexistenzmanagementprozess	33
Bild 7 – Kommunikationslast bei zwei Funkgeräten	36
Bild 8 – Kommunikationslast bei mehreren Funkgeräten	37
Bild 9 – Aus dem größten Leistungspegel abgeleitete Grenzfrequenzen	38
Bild 10 – Abstand zwischen Funkgeräten	39
Bild 11 – Betriebszyklus.....	40
Bild 12 – Längste Verweilzeit.....	41
Bild 13 – Spektrale Leistungsdichte eines Systems nach IEEE 802.15.4.....	47
Bild 14 – Kommunikationszyklus, Ereignisintervall der Anwendung und Maschinenzyklus.....	50
Bild 15 – Kleinste Übertragungslücke.....	51
Bild 16 – Beispiel für Dichtefunktionen der Übertragungszeit	52
Bild 17 – Beispiel für Verteilungsfunktionen der Übertragungszeit	53
Bild 18 – Sendesequenz.....	54
Bild 19 – Spektralmaske des Senders eines Systems nach IEEE 802.15.4.....	55
Bild 20 – Beispiele für Verteilungsfunktionen der Aktualisierungszeit.....	56
Bild 21 – Prinzip für die Anwendung von Koexistenzparametern.....	57
Bild 22 – Parameter zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	58
Bild 23 – Parameter zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	59
Bild 24 – Parameter zur Beschreibung von Funknetz- und Funkgerätetyp.....	61
Bild 25 – Spektrale Leistungsdichte und Spektralmaske des Senders eines DECT-Systems.....	63
Bild 26 – Mediennutzung eines DECT-Systems in Abhängigkeit von Zeit und Frequenz.....	63
Bild 27 – Parameter zur Beschreibung einer Funklösung	65
Bild 28 – Beziehungen der Dokumente in der Spezifikation eines Koexistenzmanagementsystems.....	70
Bild 29 – Planung eines Funksystems im Rahmen des Koexistenzmanagementprozesses	77
Bild 30 – Einführung und Betrieb eines Funksystems im Rahmen des Koexistenzmanagementprozesses	80

Tabellen

Tabelle 1 – Kommunikationsanforderungen der Anwendung	23
Tabelle 2 – Vom Anwendungsprofil abhängige Werte der Beobachtungszeit	40
Tabelle 3 – Parameterliste zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	58
Tabelle 4 – Parameterliste zur Beschreibung der Anforderungen, die die Eigenschaften der Funklösungen beeinflussen	60
Tabelle 5 – Parameterliste zur Beschreibung der Leistungsanforderungen	60
Tabelle 6 – Parameterliste zur Beschreibung des Funksystemtyps	62
Tabelle 7 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders eines Funkgerätetyps	64
Tabelle 8 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers eines Funkgerätetyps	64
Tabelle 9 – Parameterliste zur Beschreibung einer Funknetzlösung	65
Tabelle 10 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders einer Funkgerätelösung	66
Tabelle 11 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers einer Funkgerätelösung	67
Tabelle 12 – Vorlage zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	81
Tabelle 13 – Vorlage zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	82
Tabelle 14 – Vorlage zur Beschreibung eines Funksystemtyps	82
Tabelle 15 – Vorlage zur Beschreibung eines Funkgerätetyps	83
Tabelle 16 – Vorlage zur Beschreibung einer Funknetzlösung	84
Tabelle 17 – Vorlage zur Beschreibung einer Funkgerätelösung	84

EINLEITUNG

Auf dem Markt besteht Bedarf an verschiedenen Netzwerklösungen mit jeweils anderen Leistungskennwerten und Funktionsfähigkeiten, die verschiedenartige Anwendungsanforderungen erfüllen müssen. Industrielle Automatisierungsanwendungen werden in verschiedenen industriellen Bereichen eingesetzt.

Der Markt für Funknetzlösungen bietet eine Reihe verschiedenster Anwendungen mit unterschiedlichen Leistungs- und Funktionsanforderungen an. Auf diesem Markt gehören unter anderem folgende Bereiche zur industriellen Automatisierung:

- Prozessautomatisierung, die z. B. die folgenden Branchen umfasst:
 - Öl & Gas, Raffinerie;
 - Chemie;
 - Pharmazie;
 - Bergbau;
 - Zellstoff und Papier;
 - Wasser und Abwasser;
 - Stahl;
- Elektroenergie:
 - Energieerzeugung (z. B. Windkraftanlagen);
 - Energieverteilung (Netz);
- Fertigungsautomatisierung, die z. B. die folgenden Branchen umfasst:
 - Lebensmittel und Getränke;
 - Automobilindustrie;
 - Maschinenindustrie;
 - Halbleiterherstellung.

Anwendungen der industriellen Automatisierung erfordern ein Verhalten von Funknetzen, das sich von denen unterscheidet, die z. B. in der Telekommunikation oder für kommerzielle Produkte, wie Fernbedienungen oder Spielwaren, verwendet werden. Diese Anforderungen an die industrielle Automatisierung sind in IEC 62657-1 festgelegt und bereitgestellt.

In Industrieumgebungen sind möglicherweise eine Vielzahl von Funknetztechnologien und anderen Quellen der Funkfrequenzabstrahlung vorhanden.

Viele industrielle Automatisierungsanwendungen befinden sich auch in physikalischen Umgebungen, die der Betreiber/Besitzer kontrollieren kann. Das bedeutet, dass innerhalb einer physikalischen Einrichtung alle Geräte, die Funkfrequenzen abstrahlen, unter der Kontrolle einer einzelnen Einheit vorhanden sind und betrieben werden. Dadurch können Verwaltungsstrategien angewendet werden, die für Geräte in öffentlichen oder anderen nicht verwalteten Bereichen nicht umsetzbar sind.

In der industriellen Automatisierung können viele verschiedene Funknetze in derselben Umgebung betrieben werden. Beispiele für diese Netze sind Netze nach IEC 62591 [7]¹ (WirelessHART®²), IEC 62601 [8] (WIA-PA) und IEC 62734 [9] (ISA100.11a), die alle nach IEEE 802.15.4 [18] für Anwendungen der Prozessautomatisierung arbeiten. Weitere Beispiele für Funknetze sind die in IEC 61784-1 [3] und IEC 61784-2 [4] festgelegten Kommunikationsprofile, die nach IEEE 802.11 [15] und IEEE 802.15.1 [17] für Fertigungsauto-

¹ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

² WirelessHART ist der eingetragene Markenname der FieldComm Group, siehe www.fieldcommgroup.org. Diese Information ist zum Vorteil der Anwender dieses Dokuments angegeben und stellt keine Empfehlung des genannten Produkts durch die IEC dar. Wenn sie zu den gleichen Ergebnissen führen, dürfen gleichwertige Produkte angewendet werden.

omatisierungsanwendungen arbeiten. Im Gegensatz zu drahtgebundenen Feldbussen können sich Funkkommunikationsgeräte innerhalb derselben Gebäude oder in derselben Umgebung gegenseitig stören. Weitere Quellen von Funkfrequenzenergie in diesen Bändern sind Funkfrequenz-Prozessheizungen, Kunststoffschweißmaschinen, Plasmalampen und Mikrowellenbestrahlungsgeräte, die häufig sehr hohe Energiepegel aufweisen.

Ohne ein Mittel zum Management der Koexistenz dieser verschiedenen Sender wäre es schwierig sicherzustellen, dass Funknetze die Anforderungen an die Zeitkritikalität sowie andere Leistungsanforderungen der industriellen Automatisierung erfüllen.

Teil 2 der Norm IEC 62657 beschäftigt sich mit dem Koexistenzmanagement, um die Koexistenz mit Gewissheit vorhersagen zu können.

Dieses Dokument beschreibt einen wirkungsvollen Minderungsmechanismus für die gegenseitigen Störungen aller in einer Anlage befindlichen Geräte.

IEC 62657-1 enthält allgemeine Anforderungen an die industrielle Automatisierung und Betrachtungen des Spektrums, die als Grundlage für industrielle Kommunikationslösungen dienen. Der vorliegende Teil 2 der Norm IEC 62657 beschäftigt sich mit dem Koexistenzmanagement, um die Koexistenz mit Gewissheit vorhersagen zu können. Er soll die Harmonisierung zukünftiger Anpassungen an internationale, nationale und lokale Vorschriften vereinfachen.

Dieser Teil von IEC 62657 beschreibt das Konzept und den Prozess des Koexistenzmanagements. Auf der Grundlage des Koexistenzmanagementprozesses kann für ein bestimmtes Spektrum mit entsprechenden Anwendungsanforderungen eine vorhersehbare Gewissheit der Koexistenz erreicht werden.

Teil 2 von IEC 62657 bietet den Nutzern von Funknetzen einen Leitfaden für die Auswahl und die richtige Anwendung der Funknetze. Sie unterstützt außerdem Lieferanten bei der Beschreibung des Verhaltens von Funkgeräten, damit diese geeignete Funkgeräte auf dem Markt anbieten können, die den Aufbau von an die Anwendungsanforderungen angepassten Funknetzen ermöglichen.

Dieser Teil von IEC 62657 beruht auf Analysen einer Reihe von internationalen Normen, die auf spezifische Technologien ausgerichtet sind. Das Ziel der vorliegenden Norm ist nicht die Einführung neuer Parameter, sondern die Nutzung bereits definierter Parameter unabhängig von einer Technologie.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62657

- legt die grundlegenden Voraussetzungen, Konzepte, Parameter und Verfahren für die Koexistenz der Funkkommunikation fest;
- legt die Koexistenzparameter fest und wie diese in einer Anwendung, welche die Funkkoexistenz benötigt, verwendet werden;
- stellt Leitfäden, Anforderungen und bewährte Methoden für die Verfügbarkeit und Leistung der Funkkommunikation in einer industriellen Automatisierungsanlage zur Verfügung. Dabei wird die Koexistenz der Funkkommunikation über den gesamten Lebenszyklus abgedeckt;
- unterstützt die Arbeit aller involvierten Personen mit relevanten Verantwortlichkeiten, damit diese mit den kritischen Aspekten in jeder Phase des Lebenszyklus des Koexistenzmanagements der Funkkommunikation in einer Automatisierungsanlage zurechtkommen können. Zu den Aspekten des Lebenszyklus gehören Planung, Entwicklung, Installation, Implementierung, Betrieb, Instandhaltung, Verwaltung und Schulung;
- stellt als eine einheitliche Richtlinie einen allgemeinen Bezugspunkt für die Koexistenz der Funkkommunikation in industriellen Automatisierungsanlagen bereit, um die Anwender bei der Bewertung und Einschätzung des Aufwands in der Anlage zu unterstützen;
- behandelt die operativen Aspekte der Koexistenz der Funkkommunikation in Bezug auf die statische Mensch-Werkzeug-Organisation sowie die dynamische Selbstorganisation eines Netzes.

Dieser Teil von IEC 62657 wird einen wesentlichen Beitrag zu nationalen und regionalen Regulierungen leisten. Er befreit Geräte nicht von der Einhaltung der Konformität mit allen Anforderungen nationaler und regionaler Regulierungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 networks – Wireless communication network – Wireless communication requirements and spectrum considerations*

IEC 62443, *Industrial communication networks – Security for industrial automation and control systems*

3 Begriffe, Abkürzungen und Akronyme

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Nachbarkanalstörung

Störung, die auftritt, wenn zwei oder mehr Funkanwendungen benachbarte Frequenzkanäle benutzen

3.1.2

Nachbarkanaltrennschärfe

Fähigkeit eines Funkempfängers, auf das Nutzsignal anzusprechen und die Signale benachbarter Frequenzkanäle zu unterdrücken

3.1.3

Antennentyp

Konstruktion oder Einrichtung zum Empfangen oder Ausstrahlen elektromagnetischer Wellen

3.1.4

Antennengewinn

Verhältnis der Leistung, die am Eingang einer Referenzantenne erforderlich ist, zur Leistung, die in den Eingang der gegebenen Antenne eingespeist wird, um in einer vorgegebenen Richtung und im gleichen Abstand die gleiche Feldstärke zu erzeugen

[QUELLE: Federal Standard 1037C:1996, modifiziert] [20]

3.1.5

Strahlungscharakteristik einer Antenne

Veränderung der Feldstärke einer Antenne als Winkelfunktion bezogen auf die Achse

3.1.6

Automatisierungsanwendung

Anwendung der Mess- und Automatisierungssteuerung in den Bereichen der industriellen Automation

3.1.7

Datenlänge der Automatisierungsanwendung

Nutzdatenlänge

Anzahl der Oktetts, die an der Referenzschnittstelle ausgetauscht werden

3.1.8

Bandbreite

Differenz zwischen der oberen und der unteren Grenzfrequenz

3.1.9

Zell(netz)topologie

(Netz) Topologie, bei der das geographische Gebiet in Zellen unterteilt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Gerät kann sich von einer Zelle zu einer anderen Zelle bewegen. Geräte innerhalb einer Zelle kommunizieren über einen zentralen Hub. Hubs verschiedener Zellen sind miteinander verbunden.

3.1.10

Mittenfrequenz

geometrisches Mittel der unteren Grenzfrequenz und der oberen Grenzfrequenz eines Frequenzkanals

3.1.11

Mediennutzung

Zeit, in der das Medium belegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zeit beinhaltet über die reine Übertragung der Nutzdaten hinaus auch alle Zeitanteile, die für die Abarbeitung des Übertragungsprotokolls erforderlich sind, z. B. zur Übertragung einer Bestätigung.

3.1.12

Koexistenz

Koexistenz der Funkkommunikation

Zustand, in dem alle Funkkommunikationslösungen einer Anlage, die ein gemeinsames Medium nutzen, alle Kommunikationsanforderungen ihrer Anwendung erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: In IEEE 802.15.2-2003 [18] wird „Koexistenz“ als Eigenschaft eines Gerätes definiert.

3.1.13

Bewertung der Koexistenz

Durchführung einer Untersuchung mit dem Ziel einer Beurteilung von Produkten und von deren Installation auf der Basis eines Eignungsnachweises, um Koexistenz herzustellen

[QUELLE: abgeleitet aus IEC 62278:2002, 3.2] [6]

3.1.14

Koexistenzmanagement

Prozess zur Herstellung und Erhaltung von Koexistenz mit Hilfe von technischen und organisatorischen Maßnahmen

3.1.15

Planung der Koexistenz

Prozess, der die Zuweisung von Funkkommunikationsressourcen (Zeit, Frequenzen, Übertragungsleistung, Raum) zu jedem Funkkommunikationssystem beschreibt, mit dem Ziel, Koexistenz zu erreichen

3.1.16

Kommunikationslast

Anforderung der Automatisierungsanwendung, in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Menge an Nutzdaten zu übertragen

3.1.17

Grenzfrequenz

gibt die Bandbreite eines Systems als Differenz aus den entsprechenden oberen und unteren Grenzfrequenzen und somit die Mediennutzung im Frequenzbereich an

3.1.18

Datendurchsatz

Anzahl von Nutzdaten, die je Zeiteinheit innerhalb eines Verbrauchers von der Kommunikationsreferenzschnittstelle an die Anwendung übergeben werden

3.1.19

charakteristische Geräteparameter

Informationen zum Gerätetyp

BEISPIEL Modelltyp, Herstellername, Hardware-Version.

3.1.20

Abstand zwischen Funkgeräten

räumliche Ausdehnung zwischen Geräten in einem dreidimensionalen Raum

3.1.21

Betriebszyklus

Verhältnis der Sendesequenz bezogen auf eine gegebene Beobachtungszeit für den benutzten Frequenzkanal

3.1.22

Verweilzeit

Dauer, die ein Frequenzsprungsystem eine bestimmte Frequenz belegt, bevor es zur nächsten Frequenz wechselt

3.1.23

äquivalente isotrope Strahlungsleistung

EIRP

Energiemenge, die von einer theoretischen isotropen Antenne (die in alle Richtungen gleichmäßig strahlt) ausgestrahlt werden müsste, um die in der Richtung des maximalen Antennengewinns gemessene Leistungsdichte zu erreichen

3.1.24

äquivalente Strahlungsleistung

ERP

Produkt aus der in eine Antenne eingespeisten Leistung und dem Antennengewinn

3.1.25

elektromagnetische Störung

EMI

Beeinträchtigung der Funktion einer Einrichtung, eines Übertragungskanal oder eines Systems, die durch eine elektromagnetische Störgröße verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Französischen bezeichnen die Benennungen „perturbation électromagnétique“ und „brouillage électromagnétique“ jeweils Ursache und Wirkung und sollten nicht willkürlich verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Englischen bezeichnen die Benennungen „electromagnetic disturbance“ und „electromagnetic interference“ jeweils Ursache und Wirkung, werden aber häufig willkürlich gebraucht.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-06]

3.1.26

Frequenzband

Bereich im Frequenzspektrum, der durch Regulierungsbehörden bestimmten Anwendungen zur Nutzung zugeteilt ist

3.1.27

Frequenzkanal

Teil eines Frequenzbands, der nach einer Spezifikation (Norm oder Gerätespezifikation) von einem Funkkommunikationssystem genutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die koordinierte Verwendung unterschiedlicher Frequenzkanäle ist eine der Maßnahmen zur Herstellung von Koexistenz.

3.1.28

Frequenzsprungverfahren

Folge von Frequenzkanälen, die für die Übertragung (Sprungfolge) und die Verweilzeit verwendet wird

3.1.29

Planung der zukünftigen Erweiterung

mögliche Einrichtung neuer Funkkommunikationslösungen und Gebäude, die Einfluss auf die Koexistenz haben können

3.1.30

räumliche Ausdehnung der Anlage

Länge, Breite und Höhe des vorgesehenen Raums des Funksystems

3.1.31

Störfestigkeit

Fähigkeit einer Einheit, bei einer Störung bis zu einem bestimmten Störpegel ohne Beeinträchtigung weiterzuarbeiten und über diesen Störpegel hinaus belastbar zu sein

Anmerkung 1 zum Begriff: Störfestigkeit einer Einheit wird erreicht, indem die Widerstandsfähigkeit dieser Einheit um die Belastbarkeit durch Störungen erweitert wird.

3.1.32

Infrastrukturgerät

Gerät, das für den Aufbau eines Funkkommunikationssystems nach einer Technologie oder Norm benötigt wird, aber in keiner direkten Verbindung zur Automatisierungsanwendung steht

BEISPIEL Router oder Basisstationen ohne Schnittstellen zum drahtgebundenen Industrienetz und ohne Automatisierungsanwendungsfunktionen.

3.1.33

Initiierung der Datenübertragung

Verfahren, das festlegt, wie die Anwendung die Datenübertragung initiiert

3.1.34

Intermodulationsempfindlichkeit

Pegel von Außerbandstörsignalen, die, wenn sie am Front-End des Empfängers gemischt werden, ein nicht-lineares In-Band-Produkt dritter Ordnung erzeugen

3.1.35

Jitter

erwartetes Auftreten einer Zeitabweichung

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind Abweichungen der Übertragungszeit und der Aktualisierungszeit.

3.1.36

Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand

Anzahl der in einem Sendezeitabstand gesendeten Oktetts, abzüglich der Oktetts, die aufgrund der Anforderungen des Funkkommunikationsprotokolls hinzugefügt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Datenlänge der Anwendung hat Einfluss auf die Kommunikationslast und könnte zur zeitlichen Trennung der Funkkommunikationssysteme beitragen.

3.1.37

Lebenszyklus

Dauer vom Beginn der Entwicklungsphase eines Produkttyps bis zum Ende der Produkteinstellung

[QUELLE: IEC 62890:—, 3.1.21]

3.1.38

Einschränkungen durch Anrainer der Anlage

Beschreibung der Nachbarn der Anlage, die die Funkkommunikation höchstwahrscheinlich einschränken

BEISPIEL Hochleistungs-Funkquelle(n).

3.1.39

lineare (Netz-)Topologie

Topologie, in der die Knoten hintereinander geschaltet sind, wobei zwei Knoten lediglich mit jeweils einem weiteren Knoten verbunden sind und alle anderen Knoten jeweils mit zwei weiteren Knoten verbunden sind (entspricht Verbindung in Form einer Linie)

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Topologie entspricht der eines offenen Rings.

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.44, modifiziert]

3.1.40

untere Grenzfrequenz

am weitesten unterhalb der Frequenz der höchsten Leistung liegende Frequenz, bei der die spektrale Leistungsdichte unter einen bestimmten Pegel fällt

3.1.41

adaptive Verfahren

Maßnahmen zur Änderung eines oder mehrerer Betriebsparameter des Funkkommunikationssystems zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit des Systems gegen Störungen und zur Verringerung der Medien-nutzung

3.1.42

maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung

oberer Grenzwert davon, wie oft Nutzdaten aufgrund von Übertragungsfehlern automatisch wiederholt vom Kommunikationsstapel übertragen werden dürfen

3.1.43

adaptives Verfahren

Methode oder Verfahren zur Steigerung der Koexistenzfähigkeit

3.1.44

Mechanismen der Medienzugriffssteuerung

(Übertragung) Methode für den Zugriff auf das Medium

BEISPIEL CSMA, TDMA oder die Kombination aus beiden.

3.1.45

Maschen(netz)topologie

Netztopologie, bei der redundante, physikalisch verschiedene Routing-Pfade zwischen jedem Paar von Netzknoten zur Verfügung stehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit einer drahtlosen Maschentopologie kann der Deckungsgrad über die Multihop-Fähigkeit erweitert und/oder die Kommunikationszuverlässigkeit durch die Bereitstellung redundanter Pfade zwischen Geräten erhöht werden.

[QUELLE: IEC 62734:2014, 3.1.2.95]

3.1.46

Kennzahlen

Menge quantitativer Indikatoren entsprechend der ausgewählten Merkmale einer Kommunikationseinrichtung, eines Betriebsmittels oder eines Funkkommunikationssystems

3.1.47

Modulation

Vorgang, bei dem eine oder mehrere Eigenschaften einer periodischen Wellenform mit einem Modulationssignal verändert wird/werden, welches zu übertragende Informationen enthält

3.1.48

natürliche Umgebungsbedingung

Bedingungen, die das Funkgerät und Funksystem umgeben

BEISPIEL Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck.

3.1.49

Netz

alle Medien, Stecker, Repeater, Router, Gateways und zugehörigen Knotenkommunikationselemente, über die eine bestimmte Menge an Kommunikationseinrichtungen miteinander verbunden sind

[QUELLE: IEC 61158-2:2014, 3.1.30]

3.1.50

Knoten

Endpunkt eines Abzweiges in einem Netz

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.50]

3.1.51

anderer Frequenznutzer

Nutzer, der Funkwellen ausstrahlt, ohne Daten zu übertragen

BEISPIEL Schweißmaschine, elektrischer Antrieb, Frequenzwandler.

3.1.52

Paketverlustrate

Aussage darüber, wie viele der Pakete, die innerhalb des Erzeugers von der Anwendung an die Referenzschnittstelle übergeben werden, innerhalb des Verbrauchers von der Referenzschnittstelle an die Anwendung übergeben werden

3.1.53

physikalische Verbindung

Verbindung zwischen den Funkempfängern (physikalischen Endpunkten) zweier Funkgeräte

3.1.54

Anlage

organisierte Einrichtung von physikalisch abgegrenztem Umfang, die den physikalischen Prozess, den Betrieb, das Personal und die Betriebsmittel einschließt

3.1.55

Punkt-zu-Punkt (Netz-)Topologie

(Netz) Topologie, bei der zwei Knoten direkt miteinander verbunden sind

3.1.56

Position eines Funkgerätes

Bewegungsbahn (Länge, Breite und Höhe) der Position des Gerätes im dreidimensionalen Raum mit absoluten oder relativen Koordinaten

3.1.57

spektrale Leistungsdichte

Signalleistung je festgelegter Bandbreite

3.1.58

Zweck der Automatisierungsanwendung

Zusammenfassung der Beschreibung der vom Funknetz unterstützten Automatisierungsanwendung, um einen nützlichen Überblick über die an das Funknetz gestellten Anforderungen zu geben

3.1.59

Frequenzkanal

Bereich des Frequenzspektrums, der durch eine untere und eine obere Grenzfrequenz oder durch Mittenfrequenz und Bandbreite gekennzeichnet ist

3.1.60

(Funk-)Ressource

von mehreren Funkkommunikationslösungen zum Zwecke der Funksignalübertragung benutzte Ressource

3.1.61

Widerstandsfähigkeit der Funkübertragung

Merkmal der Funkkommunikation, die gewünschte Funktion trotz der Anwesenheit von anderen aktiven Funkkommunikationsanwendungen, die den Ausstrahlungsbereich stören, zu erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition stimmt mit der Definition der Koexistenz in IEEE 802.15.2-2003, 3.1.2, [18] überein.

3.1.62

Referenzschnittstelle

offene Schnittstelle zwischen einer Automatisierungsanwendung und der Funkkomponente

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Bereich der Messung und Automatisierungstechnik gibt es keine einheitlich festgelegte Schnittstelle. Die Schnittstelle des Gerätes kann eine serielle oder parallele Hardware-Schnittstelle, eine Software-Schnittstelle oder eine serielle, parallele, diskrete oder analoge Schnittstelle sein.

3.1.63

Empfängerübersteuerung

Auswirkung eines starken Außerbandstörsignals auf die Fähigkeit des Empfängers, ein schwaches Nutzsignal zu empfangen

3.1.64

Eingangspegel des Empfängers

empfangene Signale mit Pegeln über dem höchsten Eingangspegel des Empfängers

3.1.65

höchster Eingangspegel des Empfängers

höchste Signalleistung, die das System ohne Signalverzerrung verwerten kann

3.1.66

Empfängerempfindlichkeit

kleinste Signalleistung, mit der der Empfang von Daten bei Einhaltung einer festgelegten Bitfehlerrate noch möglich ist

3.1.67

regionale Funkvorschriften

Festlegung wichtiger Koexistenzparameter, wie Frequenzband und Ausgangsleistung, für die regionale Umgebung der Funkanwendung

3.1.68

relative Bewegung

Position eines Funkgerätes über die Zeit

3.1.69

Zuverlässigkeit

Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion während eines gegebenen Zeitintervalls unter gegebenen Bedingungen zu erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen wird angenommen, dass die Einheit zu Beginn des Zeitintervalls in der Lage ist, diese geforderte Funktion zu erfüllen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Benennung „Zuverlässigkeit“ wird auch als Maß für die Zuverlässigkeitsleistung verwendet (siehe IEV 191:1990, 191-12-01).

[QUELLE: IEV 191-02-06]

3.1.70

Antwortzeit

Zeitabschnitt zwischen dem Moment der Übergabe des ersten Nutzdatenbits oder Oktetts eines Pakets an die Referenzschnittstelle eines Clients und dem Moment der Übergabe des letzten Bits oder Oktetts des Bestätigungspakets, welches der Anforderung zugeordnet werden kann, an die Referenzschnittstelle desselben Clients

3.1.71

Ring(netz)topologie

(aktives Netz) Topologie, bei der jeder Knoten in Reihe mit zwei anderen Knoten verbunden ist

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.63]

3.1.72

Widerstandsfähigkeit

Fähigkeit einer Einheit, bei einer Störung bis zu einem bestimmten Störpegel ohne Beeinträchtigung weiterzuarbeiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Widerstandsfähigkeit einer Einheit darf mit Maßnahmen erhöht werden, die mit der Änderung eines oder mehrerer ihrer Betriebsparameter(s) verbunden sind.

3.1.73

Sicherheitsgrad

Anforderungskategorie für die Netzsicherheit

3.1.74

gemeinsam genutztes Medium

Ressource des Frequenzbands, die in einem bestimmten Bereich von mehreren Funkanwendungen genutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In den ISM-Bändern (Industrial, Scientific and Medical) werden viele Funkanwendungen genutzt. Aufgrund dieser allgemeinen Nutzung wird der Begriff „gemeinsam genutztes Medium“ in diesem Dokument angewendet. Die Frequenzbänder werden von verschiedenartigen ISM- und Funkanwendungen benutzt.

3.1.75

räumliche Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes

festgelegt durch die Länge, Breite und Höhe des Quaders, der das Funkkommunikationsnetz umschließt

3.1.76

Nebenempfang

unerwünschte Signale am Empfänger Ausgang

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies bedeutet, es treten andere Frequenzen auf als die des abgestimmten Frequenzkanals.

3.1.77

Stern(netz)topologie

(Netz) (bestehend aus drei oder mehr Knoten) Topologie, bei der alle Knoten mit einem zentralen Knoten verbunden sind

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.69, modifiziert]

3.1.78

Topologie eines Netzes

Netztopologie

Modell der relativen Positionen und Verbindungen der einzelnen Elemente des Netzes

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.73, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde gelöscht, eine weitere zugelassene Benennung hinzugefügt.]

3.1.79

gesamte Strahlungsleistung

räumliche Leistungsdichte integriert über der Oberfläche des Einflussbereichs

3.1.80

Sendezeitabstand

Zeitdifferenz zwischen aufeinanderfolgenden Übertragungen von Nutzdaten von der Automatisierungsanwendung über die Referenzschnittstelle zum Kommunikationsmodul

3.1.81

Übertragungslücke

Lücke zwischen zwei von einem Sender nacheinander genutzten Kanälen

3.1.82

Sendesequenz

Dauer, für die ein Sender einen Frequenzkanal nutzt, ohne von einem Funkgerät desselben Netzes unterbrochen werden zu können

3.1.83

Ausgangsleistung der Übertragung

gesamte Strahlungsleistung abzüglich der Verluste zwischen dem Senderausgang und der Antenne

3.1.84

Spektralmaske des Senders

Hüllkurve der Maximalwerte der spektralen Leistungsdichte über einen Frequenzbereich

3.1.85

Baum(netz)topologie

(Netz) Topologie, bei der alle Knoten in einer Kombination aus einem linearen Netz und einem Sternnetz miteinander verbunden sind

3.1.86

Aktualisierungszeit

Zeitabschnitt von der Übergabe des letzten Nutzdatenbytes des Pakets eines Erzeugers von der Referenzschnittstelle eines Verbrauchers an die Automatisierungsanwendung bis zur Übergabe des letzten Nutzdatenbytes des folgenden Pakets vom gleichen Erzeuger

3.1.87

obere Grenzfrequenz

am weitesten oberhalb der Frequenz der höchsten Leistung liegende Frequenz, bei der die spektrale Leistungsdichte unter einen bestimmten Pegel fällt

3.1.88

Funkanwendung

jede Verwendung elektromagnetischer Wellen von Geräten oder Betriebsmitteln zur Erzeugung und Nutzung von Hochfrequenzenergie

3.1.89

Funkkommunikation

Kommunikation, bei der die Übertragung von Informationen durch elektromagnetische Strahlung erfolgt, ohne dass dazu Kabel oder Lichtwellenleiter verwendet werden

3.1.90

Funkgerät

Einrichtung, die Funkwellen für die Kommunikation mit anderen Einrichtungen nutzt

3.1.91

Funkgerätedichte

Anzahl von Funkgeräten innerhalb der räumlichen Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes

3.1.92

Funknetz

Funkkommunikationsnetz

Funkkommunikationslösung, die aus mindestens zwei Funkgeräten besteht, die eine Funkkommunikation aufgebaut haben

3.1.93

Dichte von Funkkommunikationsnetzen

Anzahl von Funkkommunikationsnetzen innerhalb der räumlichen Ausdehnung der Anlage

3.1.94

Funklösung

Funkkommunikationslösung

bestimmte Implementierung oder Instanz eines Funkkommunikationssystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Funkkommunikationslösung darf aus Produkten eines oder mehrerer Hersteller bestehen.

3.1.95

Funksystem

Funkkommunikationssystem

Menge zusammenhängender Elemente, die eine Funkkommunikation ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Funkkommunikationssystem ist die Abbildung eines Systems auf einer hohen Ebene, während eine Funkkommunikationslösung einen praktischen Fall eines Systems darstellt. Ein Funkkommunikationssystem kann ein oder mehrere Funkkommunikationsnetze beinhalten.

3.1.96

Funktechnologie oder Funknorm

Benennung der Funktechnologie oder der Funknorm

BEISPIEL Beispiele für Normen, die Funkkommunikationsnetze festlegen, sind IEC 62591, IEC 62601 und IEC 62734.

3.2 Abkürzungen und Akronyme

AFH	adaptives Frequenzsprungverfahren (en: Adaptive Frequency Hopping)
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (ein Funksystem für die Nutzung durch Behörden und Organisationen mit Sicherheitsfunktionen)
CEPT	Europäische Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation (en: European Conference of Postal and Telecommunications Administrations)
CP	Kommunikationsprofil nach IEC 61784-2 [4] (en: Communication Profile)
CSMA	Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung (en: Carrier Sense Multiple Access)
DAA	Feststellung und Vermeidung bereits benutzter Frequenzen (en: Detect and Avoid)
DAR	Feststellung und Minderung von Störungen (en: Detect and Reduce)
DAS	Feststellung und Unterdrückung von Störungen (en: Detect and Suppress)
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
ECO	European Communications Office des CEPT
EIRP	äquivalente isotrope Strahlungsleistung (en: Equivalent Isotropic Radiated Power)
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit
EMI	elektromagnetische Störung (en: Electromagnetic Interference)
ERP	effektive Strahlungsleistung (en: Effective Radiated Power)
GSM	Global System for Mobile Communications
IF	Zwischenfrequenz (en: Intermediate Frequency)
IP	Internet Protocol
ISM	industriell, wissenschaftlich und medizinisch (en: Industrial, Scientific and Medical)
IT	Informationstechnik
ITU	International Telecommunication Union
LAN	lokales Netz (en: Local Area Network)
LOS	Sichtverbindung (en: Line of Sight)
MAC	Medienzugriffssteuerung (en: Medium Access Control)
NLOS	ohne Sichtverbindung (en: None Line of Sight)
N/A	nicht anwendbar
OLOS	blockierte Sichtverbindung (en: Obstructed Line of Sight)
PCB	Leiterplatte (en: Printed Circuit Board)
PHY	Bitübertragungsschicht (en: Physical Layer)
PLR	Paketverlustrate (en: Packet Loss Rate)
PSD	spektrale Leistungsdichte (en: Power Spectral Density)
RFID	Identifizierung mittels Hochfrequenz (en: Radio Frequency Identification)
SIR	Signal-Störabstand (en: Signal-to-Interference Ratio)
TDMA	Mehrfachzugriffsverfahren auf Zeitmultiplexbasis (en: Time Division Multiple Access)
TRP	gesamte Strahlungsleistung (en: Total Radiated Power)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WD	Funkgerät (en: Wireless Device)
WIA-PA	Funknetzwerk für die industrielle Automatisierung – Prozessautomatisierung (en: Wireless Network for Industrial Automation – Process Automation)
WLAN	lokales Funknetz (en: Wireless Local Area Network)
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

3.3 Vereinbarungen

ANMERKUNG Die graphische Darstellung der Ablaufschemen in den Bildern basieren auf ISO 5807 [11].

Für die Vorlagen der Parameter des Koexistenzmanagements in Abschnitt 8 gelten die folgenden Vereinbarungen:

- In der Spalte „Parameter“ sind bestimmte Parameter durch Einrückungen gruppiert. Die nach rechts eingerückten Parameter gehören zu dem weiter links stehenden Parameter darüber.
- Die Spalte „Anwendung“ legt fest, ob der Parameter verbindlich, optional oder eine Auswahl eines Parameters aus mehreren Parametern ist.
- Das Element „Wert“ kann einen Wertebereich oder eine Werteliste enthalten, wenn die Parameter mehrere Möglichkeiten zulassen. Wenn ein Parameter keine Einheit besitzt, muss in der Spalte „Einheit“ „nicht anwendbar“ (N/A) vermerkt werden.

4 Koexistenzkonzept in der industriellen Automatisierung

4.1 Überblick

4.1.1 Allgemeines

Durch den Einsatz von Funkkommunikation können Industrieprozesse kostengünstiger, flexibler und zuverlässiger implementiert und neue Automatisierungskonzepte angewendet werden. Automatisierungsanwendungen stellen in der Regel höhere Anforderungen an Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit der Funkkommunikation als Anwendungen aus dem Heim- und Bürobereich. Automatisierungsanwendungen sind auch in Industrieumgebungen anzutreffen, die höhere elektromagnetische Störungen (EMI) als nicht industrielle Bereiche aufweisen.

Im Rahmen des Koexistenzmanagements werden weitere Quellen der Funkfrequenzabstrahlung zu berücksichtigen sein.

ANMERKUNG In einigen Industrieumgebungen können andere Quellen der Funkfrequenzabstrahlung in den von den Funkkommunikationssystemen genutzten Bändern vorhanden sein. Zu diesen Sendern können Geräte mit unbeabsichtigter Störabstrahlung gehören, wie Hochleistungs-Schweißmaschinen, welche elektromagnetische Energie im Breitband erzeugen.

Aufgrund dieser Anforderungen werden verschiedene Funksysteme eingesetzt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass an einem Ort mehrere Funksysteme gleichzeitig betrieben werden. Da diese Funksysteme ein gemeinsames Medium nutzen, ist im Laufe des Lebenszyklus mit einer gegenseitigen Beeinflussung der Systeme zu rechnen. Diese wirkt sich auf die Zuverlässigkeit und die Echtzeitfähigkeit aus. Dieser Teil der IEC 62657 soll helfen, die möglichen Risiken aufzudecken und abhängig von den Anforderungen der Automatisierungsanwendung Maßnahmen zu deren Beherrschung empfehlen.

Dieser Teil der IEC 62657 richtet sich an Planer und Verantwortliche für Fertigungs- und Prozessanlagen, an Systemintegratoren und Maschinenbauer, die Funksysteme in Maschinen und Anlagen einbauen und in Betrieb setzen müssen, sowie an Hersteller industrieller Funklösungen. Sie ist insbesondere auch dafür gedacht, die Kommunikation zwischen Automatisierungstechnikern und Funktechnikern anzuregen.

Dieser Teil der IEC 62657 verdeutlicht auch, dass die Koexistenz mehrerer Funksysteme und gleichzeitig ein effizienter Umgang mit dem Frequenzspektrum als endliche Ressource in den meisten Fällen möglich ist, sofern ein entsprechendes Vorgehen ausgewählt wird und die jeweiligen Anforderungen beachtet werden. Um dies zu erreichen, ist ein Prozess erforderlich, in dem alle Aspekte der Koexistenz von Funksystemen während der Entwicklung, Inbetriebnahme und im Betrieb sowie bei der Instandhaltung berücksichtigt werden. Dieser Prozess ist Gegenstand dieses Teils der IEC 62657 und wird als Koexistenzmanagement von Funklösungen bezeichnet. Die damit verbundenen Aktionen und Entscheidungen dienen der Einhaltung der für die Anwendung geforderten Grenzwerte über den gesamten Lebenszyklus der Anlage.

Abhängig von der Bedeutung der Anforderungen bezüglich der Funkkommunikation für die Anlage kann dieser Prozess mehr oder weniger aufwendig gestaltet werden. Diese Komplexität hängt unter anderem von den Eigenschaften der Anwendung ab, die von jeder Funklösung angeboten wird (beispielsweise Regelung mit strikten Echtzeitanforderungen), der Anzahl und des Ortes der verschiedenen Funklösungen, welche sich möglicherweise gegenseitig stören, sowie von anderen möglicherweise vorhandenen Sendern in denselben Bändern.

Werden an das Funksystem keine oder nur geringe Anforderungen gestellt, so ist für die Koexistenz von Funklösungen ein geringerer Aufwand erforderlich als für ein Funksystem, das z. B. Teil einer Steuerungsanwendung mit hohen Echtzeitanforderungen ist. Es wird jedoch dringend empfohlen, in Betracht zu ziehen, dass später zusätzliche Funksysteme zum Einsatz kommen können oder dass sich die Anforderungen an das bestehende Funksystem in Zukunft ändern können (z. B. durch zusätzliche Anwendungen). Die Gestaltung der Fabrikanlage muss sicherstellen, dass die angewandten Koexistenzmaßnahmen den Anforderungen an das Funksystem entsprechen.

Der Zustand, in dem Koexistenz besteht, ist dadurch bestimmt, dass Grenzwerte relevanter Parameter für alle im betrachteten Bereich vorhandenen Funkanwendungen eingehalten werden. Dieser Zustand der Koexistenz ist durch geeignete Maßnahmen bei der Planung und im Betrieb herzustellen. Das macht deutlich, dass Koexistenz kein statisches Merkmal einer Funklösung ist, sondern ein Zustand innerhalb des Lebenszyklus einer Anlage. Es besteht die Möglichkeit, dass dieser Zustand durch bestimmte Ereignisse zeitweilig oder dauerhaft verlassen wird. Die Grenzwerte der Parameter werden durch die Automatisierungsanwendung bestimmt, in der die Funkkommunikation abläuft. Das bedeutet auch, dass Koexistenzmanagement kontextabhängig und mit voller Übereinstimmung mit der Automatisierungsanwendung bewertet und sichergestellt werden muss.

Ganz allgemein kann Koexistenz von zwei oder mehr Funklösungen hergestellt werden, indem die von verschiedenen Quellen ausgehenden Übertragungen orthogonal polarisiert werden.

Es gibt drei Möglichkeiten zur Herstellung von Koexistenz, wobei a) einen höheren Arbeitsaufwand zur Einrichtung und Aufrechterhaltung des Koexistenzmanagements erfordert und b) und c) einen erhöhten Automatisierungsgrad einschließen:

- a) manuelles Koexistenzmanagement (niedrigste Ebene);
- b) automatisiertes, nicht-kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement;
- c) automatisiertes, kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement (höchste Ebene).

Automatische und unbeaufsichtigte Techniken sowie die Algorithmen, auf die sie sich stützen, werden in der Regel in zwei Kategorien eingeteilt: kooperative und nicht-kooperative.

4.1.2 Manuelles Koexistenzmanagement

Beim manuellen Koexistenzmanagement muss der Koexistenzmanager (siehe 7.2.1) eine feststehende Planung der Funklösungen mit dem Ziel definieren, die Überlagerung von Übertragungen zu verhindern. Der Manager muss manuelle Maßnahmen umsetzen, um auf Änderungen reagieren zu können, die den Zustand der Funkkoexistenz verändern. Das ist die einfachste Form des Managements, insbesondere, wenn mehrere Funklösungen unterschiedlicher Technologien und von mehreren Anbietern beteiligt oder mehrere Frequenzbänder zu handhaben sind.

Diese Form kann angewendet werden, wenn in den von den Funklösungen genutzten Bändern nicht verwaltbare Sender vorhanden sind.

Die Möglichkeiten des manuellen Koexistenzmanagements sind allerdings begrenzt, wenn bestimmte Parameter des Koexistenzmanagements nicht konfiguriert werden können.

4.1.3 Automatisiertes, nicht-kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement

Beim automatisierten, nicht-kooperativen Koexistenzmanagement können die verschiedenen Funklösungen keine Informationen austauschen. Sie sind vollkommen unabhängig voneinander und stützen sich nur auf

Störerkennung und -beurteilung. Mit anderen Worten stuft jede gestörte Funklösung das Verhalten des störenden Systems ein und versucht infolgedessen, ihr eigenes Verhalten an die neu eingeschätzte Situation anzupassen. Deshalb sind nicht-kooperative Techniken allgemeiner, aber nicht so effizient wie kooperative Verfahren. Beispiel: Nicht-kooperative Algorithmen modifizieren die Kommunikationsstrategien (z. B. das Frequenzband, das Zeitschlitz-/Paket-Scheduling usw.) als Funktion bestimmter Kennzahlen, die feststellen können, ob die Kommunikationsleistung ausreichend ist.

Solche Koexistenzverfahren für öffentliche Bereiche werden nicht für industrielle Automatisierungsanwendungen entwickelt und stellen unter Umständen keine ausreichende Funktionalität und Zuverlässigkeit bereit.

ANMERKUNG Einige dieser Kennzahlen sind in IEEE 802.15.2 [18] beschrieben.

4.1.4 Automatisiertes, kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement

4.1.4.1 Allgemeines

Beim automatisierten, kooperativen Koexistenzmanagement können die verschiedenen Funklösungen Informationen austauschen.

Die Voraussetzung für ein kooperatives Koexistenzmanagement von Funksystemen, die unterschiedliche Technologien von mehreren Anbietern nutzen, ist das Vorhandensein einer gemeinsamen genormten Kommunikationsverbindung zwischen diesen Lösungen. Diese Verbindung kann sein:

- ein Pilotkanal zwischen dem kooperativen Koexistenzmanager und den koordinierten Geräten zur einfacheren Handhabung durch den kooperativen Koexistenzmanager;
- eine Funklösung der koordinierten Geräte, die auch von dem kooperativen Koexistenzmanager verstanden wird, d. h. dass der kooperative Koexistenzmanager die Sprache aller koordinierten Geräte sprechen muss, die Teil des automatisierten, kooperativen, auf Kennzahlen basierenden Koexistenzmanagements sind;
- eine drahtgebundene Verbindung zwischen den koordinierten Geräten und dem kooperativen Koexistenzmanager.

Ein automatisiertes, kooperatives Koexistenzmanagement kann zu bestimmten Einschränkungen bei der eingesetzten Hardware führen, da kooperative Methoden beispielsweise in der Regel mittels eines zentralen Arbeiters/Schedulers umgesetzt werden. Die ausgetauschten Informationen erlauben jeder gestörten Funklösung, ihr eigenes Verhalten unter Berücksichtigung der Anforderungen ihrer eigenen Anwendung und der Anwendungen der anderen Funksysteme wirksam an die tatsächliche neue Situation anzupassen. Diese dynamischen Modifikationen können die Zufallsunabhängigkeit oder die Zuverlässigkeit der Kommunikation beeinflussen und daher für verschiedene Automatisierungsanwendungen ungeeignet sein.

Ein Beispiel für ein derartiges automatisiertes, kooperatives Koexistenzmanagement ist ein zentraler Koordinierungspunkt (CCP), siehe IEC 62657-1:—, 4.3.4.3. Dort sind auch nationale, regionale und regulatorische Aspekte beschrieben.

Der automatisierte, kooperative Koexistenzmanager kommt in drei Fällen zum Einsatz:

- a) bei der gemeinsamen Nutzung gleicher Frequenzen mit anderen primären Diensten/Anwendungen siehe 4.1.4.2, 4.1.4.3, 4.1.4.4.
- b) für die systeminterne Koexistenz in einer gesteuerten Umgebung;
- c) für die systeminterne Koexistenz in einem öffentlichen Bereich.

Das automatisierte, kooperative, auf Kennzahlen basierende Koexistenzmanagement ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

4.1.4.2 Einfacher CCP

Ein kooperativer Koexistenzmanager ist für die Erkennung primärer Nutzer und die Meldung an die zugrundeliegenden koordinierten Geräte zuständig, damit diese reagieren, um die geforderten Minderungstechniken des primären Nutzers zu erfüllen. Es ist keine Neukonfiguration der zugeteilten Frequenzen erforderlich. Die koordinierten Geräte können beispielsweise derart reagieren, dass sie die Sendeleistung reduzieren oder die Übertragung anhalten.

4.1.4.3 Systeminterner CCP

Alle oder zumindest die meisten Funkeinrichtungen im Raum sind mit ihren dynamischen Anforderungen bekannt. Es wird angenommen, dass die installierten Geräte statischer Natur sind. Mobile Geräte sind bekannt und werden im Rahmen der Konfiguration als statische Geräte betrachtet. Der kooperative Koexistenzmanager ist für die Erkennung der primären Nutzer und die Meldung an die zugrundeliegenden koordinierten Geräte (primäre Dienste/Anwendungen) zuständig, falls diese die primären Nutzer stören könnten. Der kooperative Koexistenzmanager kann entscheiden, ob die koordinierten Geräte reagieren müssen, um die geforderten Minderungstechniken der primären Nutzer zu erfüllen, oder ob er ihnen ein anderes Spektrum zuteilt. Als weitere Alternativen könnte der kooperative Koexistenzmanager die Zeitsynchronisation veranlassen oder Einfluss auf andere in 4.5 festgelegte Parameter nehmen.

4.1.4.4 Öffentlicher CCP

Die in 4.1.4.2 und 4.1.4.3 beschriebenen Verhaltensweisen könnten auch unterstützt werden.

Zusätzlich können auch unbekannte Geräte die Koordinierung durch den kooperativen Koexistenzmanager anfordern.

Das kooperative Koexistenzmanagement steigert die Spektrumseffizienz und die Dienstgüte.

Die in 4.1.2 und 4.1.3 beschriebenen Verhaltensweisen könnten auch unterstützt werden. Zusätzlich können auch unbekannte Geräte die Koordinierung durch den kooperativen Koexistenzmanager anfordern.

Das kooperative Koexistenzmanagement steigert die Spektrumseffizienz und die Dienstgüte.

4.2 Anforderungen an Funkgeräte für die Unterstützung des Koexistenzmanagements

Funkgeräte müssen in der Lage sein, die in Abschnitt 5 festgelegten Parameter zu modifizieren, um das Koexistenzmanagement durch Reduzierung des Störpotentials, wie in 4.5 beschrieben, zu erzielen.

Beispiel: Das Gerät ist so konstruiert, dass bestimmte Frequenzen unterdrückt werden können; die Leistung kann auf einen Wert unterhalb des Grenzwerts der primären Dienste/Anwendungen angepasst werden.

4.3 Zweck

Dieser Teil der IEC 62657 fokussiert sich auf Maßnahmen zur Herstellung der Koexistenz von Funksystemen für Mess- und Automatisierungsanwendungen. Diese Anwendungen können auf verschiedene Weise klassifiziert werden. Beispielsweise sind sie in Tabelle 1 entsprechend dem Grad der Kritikalität der Anwendung klassifiziert. Der Aufwand für das Koexistenzmanagement kann sich nach der in Tabelle 1 beschriebenen Klassifizierung ändern.

Tabelle 1 – Kommunikationsanforderungen der Anwendung

Klasse	Anwendung	Kommunikationsanforderungen der Anwendung
Funktionale Sicherheit	Implementierung eines sicherheitsbezogenen Systems, dessen Versagen die Sicherheit von Personen und/oder der Umgebung und/oder der Anlage beeinflussen kann	Das Kommunikationsprotokoll sollte eine funktional sichere Kommunikation unterstützen, und der Koexistenzmanager muss eingesetzt werden, um alle Anforderungen dieses Teils der IEC 62657 zu erfüllen.
Steuerung und Regelung	Regelung mit geschlossenem Regelkreis oder Steuerung mit offenem Regelkreis	Das Kommunikationsprotokoll sollte eine bessere Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Zeitkritikalität unterstützen als ein Kommunikationsprotokoll in anderen Anwendungsbereichen, wie der Konsumgüterindustrie oder der Telekommunikation. Der Koexistenzmanager muss eingesetzt werden, um die meisten Anforderungen dieses Teils der IEC 62657-2 zu erfüllen.
Überwachung	Prozessvisualisierung und -alarmierung	Für das Kommunikationsprotokoll sind keine spezifischen Erweiterungen erforderlich. Typische Überwachungsanwendungen können durch einen Satz entspannter Anforderungen zufriedengestellt werden. Der Koexistenzmanager muss eingesetzt werden, um diese Minimalanforderungen zu erfüllen.
ANMERKUNG Die jeweiligen Bezeichnungen „meisten“ und „Minimal-“ basieren auf der graphischen Beschreibung in Bild 2.		

Die Klassifizierung der Automatisierungsanwendungen in Tabelle 1 bezieht sich auf die funktionalen Anforderungen der Prozessindustrie.

Dessen ungeachtet muss der Koexistenzmanager die Einstufung der Kritikalität und die dazugehörigen Kommunikationsanforderungen der Anwendung Fall für Fall bestimmen.

ANMERKUNG 1 Kommunikationsanforderungen der Anwendung sind in IEC 62657-1 beschrieben.

Weitere Anwendungen von Funk-Strichcode-Lesern bis Voice- und Video-over-IP-Anwendungen können ähnlich klassifiziert und entsprechend dieses Teils der IEC 62657 behandelt werden.

Die Anwendbarkeit dieses Teils der IEC 62657 beschränkt sich nicht auf ein spezielles Frequenzband, beispielsweise das 2,4-GHz-ISM-Band. Als Störeinflüsse werden sowohl konkurrierende Kommunikationssysteme als auch andere zugelassene Funkanwendungen, wie Mikrowellensysteme zum Trocknen oder zum Kunststoffschweißen, in Betracht gezogen. Darüber hinaus können weitere Störungen durch starke niederfrequente elektromagnetische Felder auftreten (z. B. Transformatoren, leistungsstarke Motoren oder andere EMV-Einflüsse, siehe Bild 1). Zu berücksichtigende Störquellen werden im Einzelnen in 4.5 behandelt.

ANMERKUNG 2 Die Analyse der EMV gehört nicht zum Anwendungsbereich dieses Teils der IEC 62657, sie wurde aber berücksichtigt.

Dieser Teil der IEC 62657 bezieht sich auf das Koexistenzmanagement am Standort eines Unternehmens, dennoch muss der Koexistenzmanager den Umstand beachten, dass Störungen auch von außerhalb der Fabrikanlage kommen können. Der Koexistenzmanager muss potenzielle externe Funkfrequenzquellen identifizieren und charakterisieren sowie die Entfernung vom Unternehmen bestimmen. Regularien sollten eingerichtet werden, um sicherzustellen, dass unbefugte oder nichtdeklarierte mobile Quellen im Unternehmen nicht erlaubt sind.

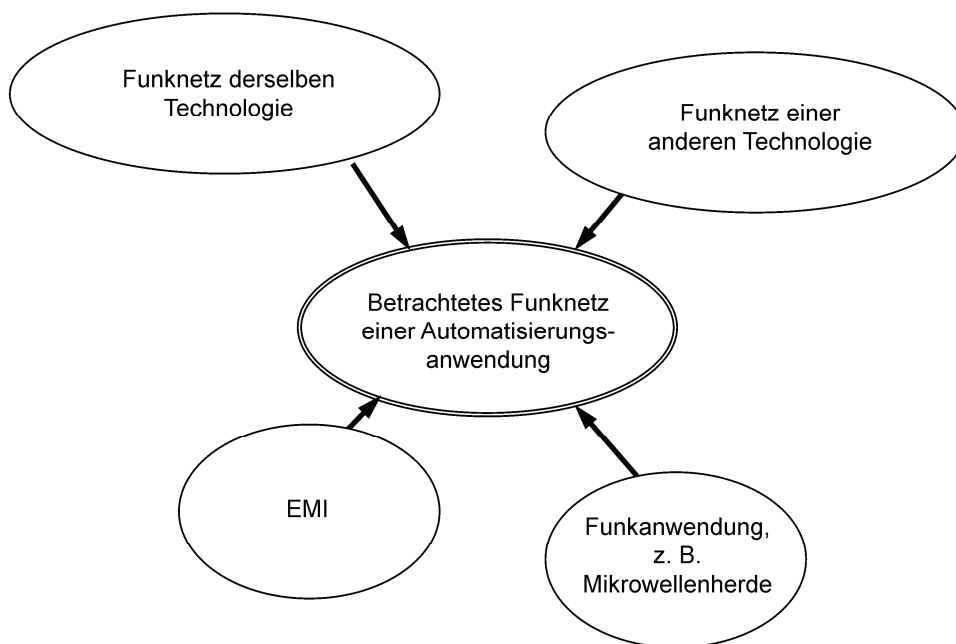


Bild 1 – Betrachtungsraum

Es wird vorausgesetzt, dass ein Funksystem ohne Störeinflüsse von anderen Funksystemen den Anforderungen der Automatisierungsanwendung prinzipiell entspricht und dass insbesondere die Grenzwerte für das Zeit- und Fehlverhalten durch Planung der Kommunikationsanforderungen eingehalten werden.

Die hier beschriebenen Maßnahmen sollen sicherstellen, dass das geforderte Verhalten auch bei Vorhandensein anderer Funkanwendungen gewährleistet bleibt.

4.4 Notwendigkeit der Einführung eines Koexistenzmanagements

Das Frequenzspektrum ist eine wertvolle endliche Ressource, die bei einer unkontrollierten Nutzung sehr schnell erschöpft wird.

Die folgende Liste enthält Beispiele von Funkgeräten, die in industrieller Umgebung anzutreffen sind.

- Funksensoren und -aktoren;
- WLAN-Zugangspunkte und -Clients;
- mobiles Eingabegerät;
- RFID-Geräte und RFID-Leser;

Es gibt auch Geräte, die Funkfrequenzenergie in denselben Bändern wie die Funkgeräte aussenden:

- Funkfrequenz-Prozessheizungen;
- Kunststoffschweißmaschinen;
- Plasmalampen;
- allgemeine Schweißmaschinen;
- andere Geräte.

Es besteht eine hohe Störfahr, durch die unter bestimmten Umständen die erwarteten Verfügbarkeits- und Leistungsanforderungen nicht eingehalten werden können. Um dies zu vermeiden bzw. um die Gefahr von Störungen zu verringern, muss ein für alle Beteiligten verbindlicher, unternehmensweiter Prozess zur Verwaltung von Funkanwendungen entsprechend diesem Teil der IEC 62657 eingeführt werden.

Das Koexistenzmanagement ist ein unternehmensinterner Prozess, der an die Struktur und die internen Prozesse des Unternehmens angepasst werden sollte. Die Struktur und die Prozesse können in jedem einzelnen Unternehmen sehr unterschiedlich gestaltet sein.

Darüber hinaus kann bei der Definition des Prozesses oder seiner Teilschritte der Schwerpunkt je nach den betroffenen Anwendergruppen unterschiedlich definiert werden:

- Funkanwendungen mit hohem Datendurchsatz, aber geringen Echtzeitanforderungen: Das Koexistenzmanagement konzentriert sich auf die Bereitstellung einer ausreichend großen Bandbreite;
- Funkanwendungen ohne besondere Anforderungen an Leistung und Echtzeit: Das Koexistenzmanagement hat hier das Ziel, die flächenmäßige Abdeckung sicherzustellen;
- Funkanwendungen mit strengen Echtzeitanforderungen: Das Koexistenzmanagement muss sicherstellen, dass keine Funktionsprobleme durch den Einfluss anderer Funkanwendungen entstehen (Anwendungsklassen „Funktionale Sicherheit“ oder „Steuerung und Regelung“).

Zusätzlich werden folgende grundlegende Maßnahmen zur Einführung eines Koexistenzmanagements empfohlen:

- Ernennung eines unternehmensweiten Koexistenzmanagers;
- Ernennung eines Koexistenzmanagers für einen bestimmten Standort, wenn das Unternehmen mehrere Standorte umfasst;
- Einrichtung eines Gremiums, dem Ansprechpartner aus allen Bereichen des Unternehmens angehören, die Funkanwendungen einsetzen;
- Bestandsaufnahme aller installierten und möglichst auch geplanten Funkanwendungen, einschließlich der Funkkommunikation;
- Einführung einer Richtlinie zur Registrierung neuer Funkanwendungen oder -lösungen sowie für die Feststellung bestehender Anwendungen;
- Abstimmung und Verabschiedung von Entscheidungen über Freigabe und Einsatz der Funksysteme im Gremium;
- Einrichtung einer Richtlinie und durchsetzbarer Konsequenzen für den unbefugten Einsatz neuer Funkanwendungen und -lösungen.

Somit ist ein effektives Koexistenzmanagement ein abgestimmter Prozess, an dem alle betroffenen Unternehmensbereiche (-teilbereiche, -abteilungen, -technologien) teilnehmen. Unter betroffenen Bereichen sind die Bereiche zu verstehen, die an Planung, Beschaffung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung von Funkanwendungen beteiligt sind, z. B. Prozessplanung, IT, Automatisierung, Anlagenbetrieb (Produktion), Entwicklung, Einkauf, Facility Management usw.

Das Koexistenzmanagement bietet viele Vorteile:

- Reduzierung oder Beseitigung von Störungen, die zu ungeplanten Stillstandzeiten führen;
- Reduzierung oder Beseitigung einer aufwendigen, kosten- und zeitintensiven Störungssuche;
- Reduzierung oder Beseitigung von Fehlinvestitionen in Funklösungen, deren Betrieb in der vorhandenen funktechnischen Umgebung des Unternehmens nicht möglich ist.

ANMERKUNG Hier wird anstelle der Benennung „Funksystem“ die Benennung „Funklösung“ benutzt, weil diese die konkreten Eigenschaften eines Produkts berücksichtigt, die für das Koexistenzmanagement von Bedeutung sind.

4.5 Störpotential

Bei Funkanwendungen treten Störungen an einer Stelle im Raum auf (bezogen auf den Standort einer Antenne, empfangene Energie, die Antennencharakteristik und Polarisierung), wenn die empfangenen Signale

- sich im Frequenzbereich überlagern,
- sich im Zeitbereich überlagern,
- die gleiche Codierung nutzen.

Das führt zu Kollisionen zwischen Funkanwendungen, sodass z. B. die Übertragung eines Pakets wiederholt werden muss. Die Reaktion des Systems auf die Störung ist von mehreren Faktoren abhängig, z. B. vom Funkstandard, von der Hard- und Softwareimplementierung oder von der Anwendungsklasse (siehe Tabelle 1), die das Funksystem zum Übertragen verwendet.

Eine Maßnahme zur Herstellung von Koexistenz ist die Trennung sich nicht überlagernder Frequenzkanäle. Es können jedoch Störungen zwischen Funksystemen entstehen, die unterschiedliche Kanäle im gleichen Frequenzband nutzen, z. B. durch Nachbarkanalstörungen. Besonders analoge Funksysteme besitzen wegen der in der Regel intensiven Mediennutzung ein hohes Störpotenzial für digitale Funksysteme.

Darüber hinaus können Funksysteme, die verschiedene Frequenzbänder nutzen, sich gegenseitig stören. Ein Funksystem sendet neben dem Hauptsignal noch Signale außerhalb dieses Bands aus, die in den Frequenzkanal des gefährdeten Funksystems fallen und dadurch das Nutzsignal beeinflussen könnten.

Die Qualität des am Empfänger empfangenen Signals als Funktion der Störung durch andere Funksysteme wird gewöhnlich mit dem Signal-Störabstand (SIR) gemessen, der das Verhältnis der Nutzsignalleistung zur gesamten verbleibenden Leistung der Störsignale angibt. Der Empfänger kann ankommende Daten nur dann richtig interpretieren, wenn der Signal-Störabstand oberhalb einer festgelegten Schwelle liegt.

Der Schwellwert hängt von der angewendeten Modulation ab, während der tatsächliche SIR-Wert davon abhängt, wie die Störungen die vorgesehene Kommunikation in den folgenden beiden Bereichen überlagern: Zeit und Frequenz.

Je nachdem, ob die Überlagerung (d. h. die Kollision) in diesen Bereichen vollständig oder teilweise erfolgt, können verschiedene Leistungsmerkmale erreicht werden.

Da der Datenverkehr der Funksysteme von Störern und Opfern veränderlich ist, sollte in Bezug auf die Zeit vor der SIR-Bewertung ein Zeitintervall festgelegt werden, in dem die Störung konstant ist.

In Bezug auf die Frequenz sollte für die SIR-Bewertung wenigstens die kombinierte Wirkung der Spektralmasken der störenden Sender und des gestörten Empfängers betrachtet werden. Die störenden Sender können in der Praxis Nebenaussendungen außerhalb des angewendeten Frequenzkanals aufweisen. Andererseits kann die Empfängerübersteuerungsmaske die Störsignale abweisen und damit deren Auswirkungen verringern.

Die Auswirkungen von Störungen können mit analytischen Modellen/Simulationen und experimentell mit Prüfeinrichtungen im Voraus eingeschätzt werden. Diese drei Ansätze weisen eine unterschiedliche (wachsende) Komplexität und damit eine variierende (zunehmende) Genauigkeit auf.

Bei der Bewertung, ob Kollisionsgefahr besteht, sollte davon ausgegangen werden, dass diese bei einem Parallelbetrieb von Funkanwendungen im selben Frequenzband immer besteht, wenn kein Nachweis über die Widerstandsfähigkeit der Funkübertragung vorliegt.

ANMERKUNG 1 Der Begriff „Funkanwendung“ ist umfassender als der Begriff „Funksystem“, da bei den Funkanwendungen die Hochfrequenzenergie nicht nur für die Informationsübertragung benutzt wird.

ANMERKUNG 2 Elektromagnetische Energie kann entweder bewusst genutzt werden (nach Bedarf zur Ausführung einer bestimmten Anwendung) oder sie ist unbewusst/zufällig vorhanden.

Die bestehende Gefahr von Kollisionen bedeutet jedoch nicht, dass ein Parallelbetrieb von konkurrierenden Funksystemen prinzipiell nicht möglich ist. Koexistenz liegt vor, wenn die Anforderungen der beteiligten Funklösungen erfüllt sind. Dieses Kriterium sollte beim Treffen von Entscheidungen über den Einsatz von Funksystemen zugrunde gelegt werden.

Ebenso sollten, soweit möglich, zukünftige Änderungen der Anforderungen berücksichtigt werden, die Änderungen des Störpotenzials mit sich bringen. Der Lebenszyklus einer Funklösung in der industriellen Automatisierung beträgt typischerweise mehr als fünf Jahre. Während dieser Zeit können neue Anwendungen für das bestehende Funksystem entwickelt und eingesetzt werden. Festlegung, Abstimmung und Steuerung dieser Änderungen sind ein Bestandteil des Koexistenzmanagements.

Eine weitere Art der Beeinflussung sind abgestrahlte elektromagnetische Störungen. Regionale Vorschriften erlauben für bestimmte Funkanwendungen im nicht lizenzierten Spektrum möglicherweise eine hohe Strahlungsleistung, die in der Nähe eines Funksystems eine hohe Feldstärke erzeugen kann.

Ein Funksystem weist eine gewisse Störfestigkeit gegenüber diesen abgestrahlten Störungen auf. Dieser Grenzwert kann von dem Signal einer leistungsstarken Funkanwendung überschritten werden.

BEISPIEL RFID-Anwendungen dürfen in Europa 4 W im 2,4-GHz-Band verwenden, während andere Kurzstreckenfunkgeräte auf 100 mW begrenzt sind.

Selbst wenn Funklösungen oft eine höhere Störfestigkeit als normativ gefordert aufweisen und die Überschreitung des Grenzwerts nicht zwangsläufig zu einer Beeinflussung führt, sollte der Störpegel am Empfänger diesen Grenzwert nicht überschreiten. Die Wahrscheinlichkeit von Störungen aus dem gleichen Frequenzband ist wesentlich höher als die Wahrscheinlichkeit von Störungen aus anderen Frequenzbändern. Trotzdem müssen die Störpotenziale aus den anderen Frequenzbändern auch berücksichtigt werden.

Bei Gebäuden und Bereichen, die sich in der Nähe von Flughäfen, Häfen, Sendemasten und anderen Standorten leistungsstarker Funksysteme befinden, ist das Störpotenzial besonders hoch.

Elektromagnetische Strahlungen, die von defekten Geräten herrühren, sowie das Überschreiten der normalen Betriebsgrenzwerte sollten keinen Einfluss auf das Koexistenzmanagement haben. Das defekte Gerät sollte anstatt dessen repariert werden, damit die normalen Betriebsbedingungen wiederhergestellt werden können.

4.6 Randbedingungen

Für die Funkkommunikation stehen nur endliche Kommunikationsressourcen zur Verfügung; demnach ist eine gründliche Planung erforderlich. Je höher die Anforderungen der Anwendungsklasse an das Funksystem hinsichtlich Zeitverhalten, Verfügbarkeit, Ausdehnung usw. sind, umso höher ist der technische und organisatorische Aufwand zur Gewährleistung der Koexistenz. Die Kosten steigen dabei überproportional an, wie in Bild 2 dargestellt ist. Eine gewisse Spanne des Aufwands ergibt sich durch die Komplexität der Funklösungen (z. B. einfache Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder Netz mit Linien-, Ring-, Stern-, Zell-, Baum-, Maschentopologie) und aus der Anzahl der Einflussgrößen, die zu berücksichtigen sind, (z. B. Medienbelastung, Sendeleistung). Der Bereich zwischen den zwei Kurven verschiebt sich nach oben, je effizienter das Spektrum genutzt wird. Das betrifft sowohl

- die Aufwendungen für das Koexistenzmanagement in der Planungsphase als auch
- die Kosten für die Entwicklung entsprechender Funklösungen.

Der Aufwand kann durch die Formulierung strategischer Regeln für das Koexistenzmanagement gesenkt werden. Eine der möglichen Regelungen ist die Begrenzung der Anzahl betrachteter Einflussgrößen, z. B. durch exklusive Zuordnung von Frequenzen zu bestimmten Funkanwendungen. Dabei ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die getroffenen strategischen Entscheidungen in der Planungsphase der Koexistenz Auswirkungen auf künftige Ausbaumöglichkeiten und damit auf die Folgekosten über den gesamten Lebenszyklus der Anlage haben. Der technische und organisatorische Aufwand für das Koexistenzmanagement in der Betriebsphase kann über den Lebenszyklus der Anlage ein Mehrfaches der Planungskosten betragen.

Es ist daher wichtig zu prüfen, ob die Anforderungen der geplanten Anwendung die vorgesehene Anwendungsklasse tatsächlich rechtfertigen. Durch Reduzierung der Anforderungen kann eine effektivere Nutzung der Ressource „Funk“ erreicht werden. Wenn die Ressource ausgeschöpft ist, müssen andere Lösungen gefunden werden.

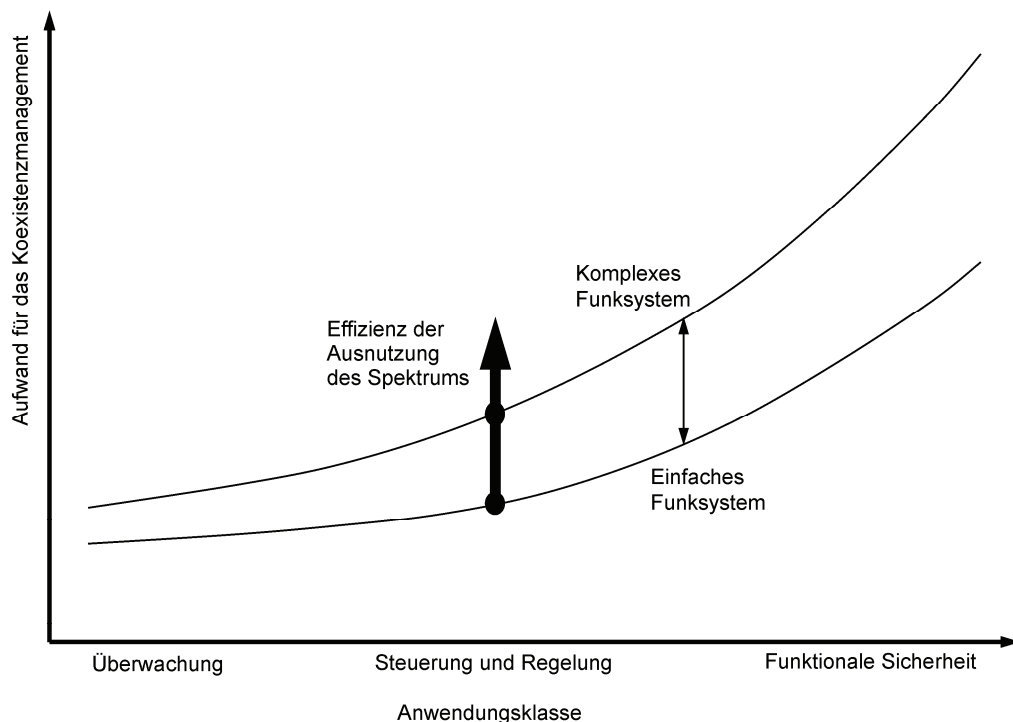


Bild 2 – Entwicklung des Aufwands zur Herstellung der Koexistenz nach den Anwendungsklassen

4.7 Bewährte Verfahren zur Herstellung von Koexistenz

Die Herstellung der Koexistenz ist eine Kombination aus technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen, mit denen der störungsfreie Betrieb der Funkanwendungen in ihrer Umgebung sichergestellt wird. Die Hauptkriterien bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Herstellung von Koexistenz sind Effektivität, Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit sowie der Leistungsverlust, den die Anwendung tolerieren kann, wenn sich die Funklösung das Medium mit anderen Funksystemen teilen muss. Auch zukünftige Entwicklungen der Funkanwendung im Unternehmen sollten dabei berücksichtigt werden.

Technisch gesehen können Signale der Funkkommunikation, die an einer Stelle im Raum (bezogen auf den Standort einer Antenne, empfangene Energie, die Antennencharakteristik und Polarisation) auftreten, nach den folgenden Aspekten getrennt werden:

- Frequenz;
- Zeit;
- Codierung.

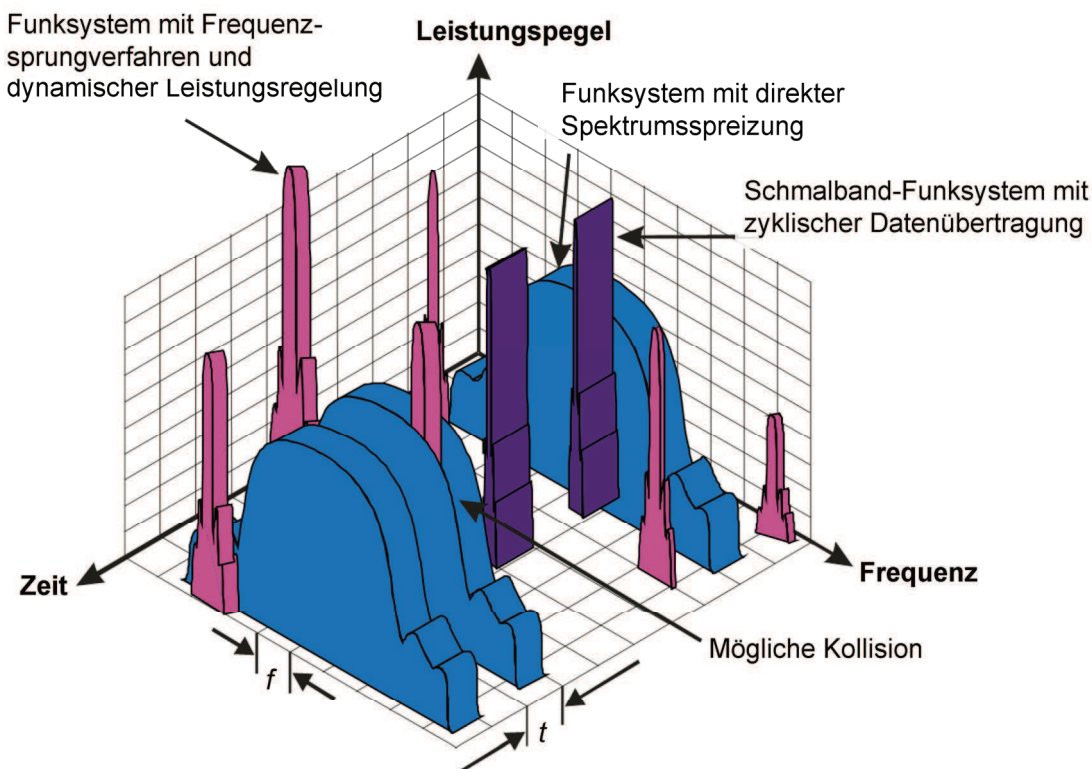


Bild 3 – Trennung von Funksystemen nach Frequenz und Zeit

Die Trennung im Frequenzbereich (siehe Bild 3) bewirkt in der Regel den geringsten Leistungsverlust und zunächst den geringsten wirtschaftlichen Aufwand. Diese Maßnahmen belegen allerdings das Medium stark und sollten daher bestimmten Anwendungsklassen in der Anlage, wie „Funktionale Sicherheit“ und „Steuerung und Regelung“, vorbehalten bleiben. Eine Trennung im Zeitbereich kann durch die Konfiguration des Kommunikationsbedarfs in Bezug auf die Kommunikationsanforderungen der Anwendung ausgeführt werden.

Für Anwendungen mit einer bestimmten Dynamik sollte der Kommunikationszyklus auf eine möglichst lange Zeit eingestellt werden, und/oder es kann eine ereignisgesteuerte Kommunikation angewendet werden. Außerdem dürfen Funktechnologien mit automatischen adaptiven Verfahren zur gemeinsamen Medienutzung angewendet werden.

Eine räumliche Trennung ist bei Funkanwendungen nur bedingt möglich. Die Funkwellenausbreitung kann nur mit einem großen Aufwand räumlich eingeschränkt werden. Zur räumlichen Trennung können bauliche Gegebenheiten (z. B. massive bewehrte Hallenwände) sowie die Reduzierung der abgestrahlten Leistung (durch die Einstellungen der Ausgangsleistung des Funksenders und die Auswahl der Strahlungscharakteristik der Antennen) genutzt werden. Bei größeren Gebäuden kann die Regelung von Leistungspegeln ein wirksamer Ansatz sein. Im Fall der Reduzierung der Leistung sollten die Leistungen aller relevanten Funkkomponenten (Basisstationen, Repeater, Endgeräte usw.) entsprechend angepasst werden.

Wenn die Empfänger mehrere Antennen besitzen, können zur Trennung gleichzeitiger Übertragungen im Raum räumliche Verarbeitungsverfahren wie die Störungsunterdrückung angewendet werden.

Bei der Trennung über die Polarisation handelt es sich um die spezifische Eigenschaft einer Antenne, die Funkwellen mit einer orthogonalen Polarisation (Kreuzpolarisation) zu unterdrücken. So kann z. B. ein vertikal polarisiertes Störsignal durch eine horizontal polarisierte Antenne eines Signalempfängers gedämpft werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Wirkung der Polarisationstrennung innerhalb von Gebäuden oder in einer anderen stark reflektierenden Umgebung relativ gering ist.

Darüber hinaus kann die Funkwellenausbreitung mit Segment-Richtantennen oder anderen neu entwickelten Antennenkonzepten in bestimmte Bereiche eingegrenzt werden.

Die organisatorischen Maßnahmen betreffen den Betrieb des Funksystems und wirken sich indirekt auf den oben beschriebenen Entkopplungsmechanismus aus. So kann z. B. der Einsatz eines Funksystems räumlich oder zeitlich eingeschränkt werden oder es können nur die Dienste einer Funklösung freigegeben werden, die die Koexistenzanforderungen erfüllen. Bei den organisatorischen Maßnahmen (insbesondere für geschäftsprozess- oder sicherheitsrelevante Funksysteme) sollte im Voraus bewertet werden, inwieweit die Einhaltung der Spezifikationen sichergestellt und kontrolliert werden kann.

Die Auswirkungen der typischerweise nicht idealen Eigenschaften der Funkwellenausbreitung, die in vielen industriellen Umgebungen vorzufinden sind, können das Zeit- und Fehlverhalten einer Funklösung beeinflussen. Dies sollte bei der Planung von Funksystemen entsprechend berücksichtigt werden.

In der Betriebsphase muss eine Untersuchung von Mechanismen zur Erweiterung der Agilität von Funkanwendungen gegenüber auftretenden unerwarteten Störungen in Betracht gezogen werden, z. B. Diversitätsverfahren, kognitive Funkmedien-Zugriffsverfahren.

Bei der Festlegung geeigneter Maßnahmen und der Bewertung ihrer Effizienz wird eine Unterstützung durch erfahrene Funkspezialisten empfohlen.

4.8 Konzeptionelles Koexistenzmodell

Die Kommunikationsanforderungen der Anwendung und die Eigenschaften des Funksystems (Störfestigkeit und Auslastung) müssen in einer Bestandsaufnahme aufgezeichnet werden. Die sich daraus ergebende Koexistenzplanung muss in einem Ressourcenzuweisungsplan angegeben werden. Dieser bildet die Grundlage für die Konfiguration, Einführung und Aufrechterhaltung der betreffenden Funksysteme. Dieser Prozess des Koexistenzmanagements ist nicht nur eine Aktivität während der Systemplanung, sondern ein iterativer Vorgang während des gesamten Lebenszyklus des Systems.

ANMERKUNG IEC 62890 enthält ausführlichere Informationen zum Management eines Lebenszyklus.

Bild 4 zeigt das konzeptionelle Koexistenzmodell. Eine Funkanwendung A hat Anforderungen zur Erfüllung der vorgesehenen Aufgaben. Ein Teil der Funkanwendung A ist das ausgewählte Funksystem A. Dieses besitzt eine bestimmte Störfestigkeit gegenüber Störungen durch andere Funksysteme, und die Ausnutzung ihrer Ressourcen kann andere Funksysteme stören. Im Rahmen einer Bestandsaufnahme müssen die Anforderungen untersucht und dokumentiert werden. Die sich daraus ergebende Koexistenzplanung muss in einem Ressourcenzuweisungsplan angegeben werden. Dieser bildet die Grundlage für die Verteilung der Funkressourcen und deren Ausnutzung.

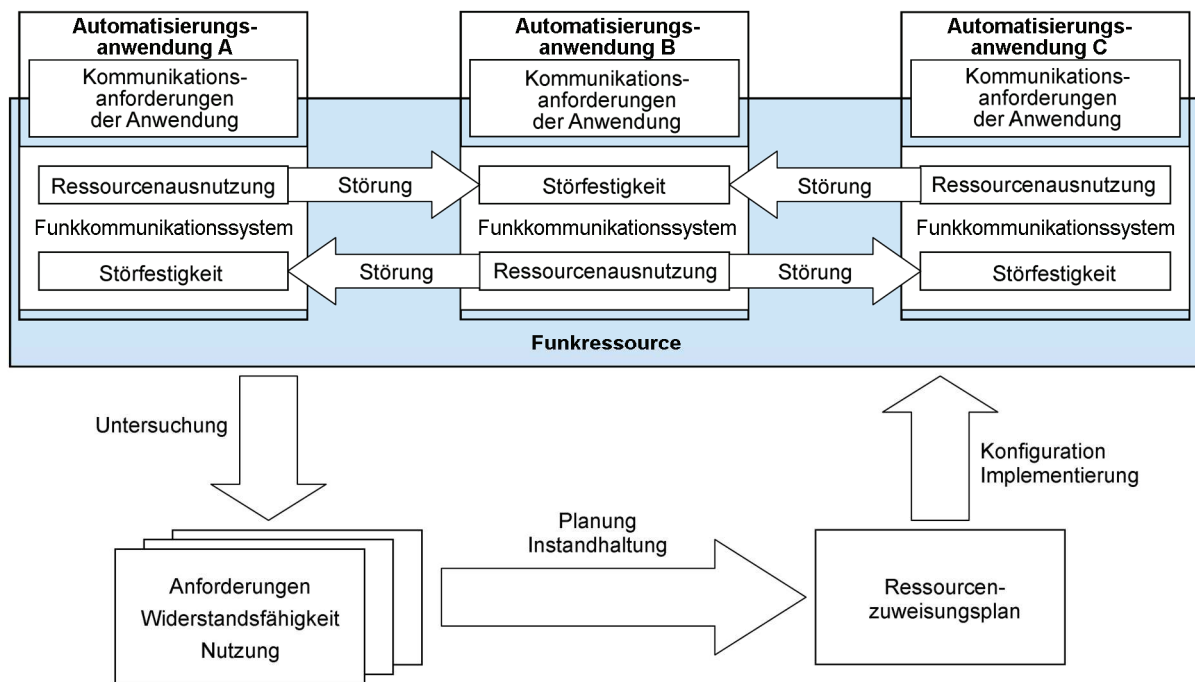


Bild 4 – Konzeptionelles Koexistenzmodell

Bild 5 zeigt einen Teil des Inhalts von Bild 4 als Ablaufschema, um die Beziehungen zwischen Bild 6, Bild 29 und Bild 30 aufzuzeigen. Die Spezifikation des Koexistenzmanagementsystems ist in Bild 5 nur teilweise dargestellt, um das Bild einfach zu halten. Die Dokumentation muss in jeder Phase erweitert und aktualisiert werden. Die Dokumentation ist in 7.1.2 festgelegt.

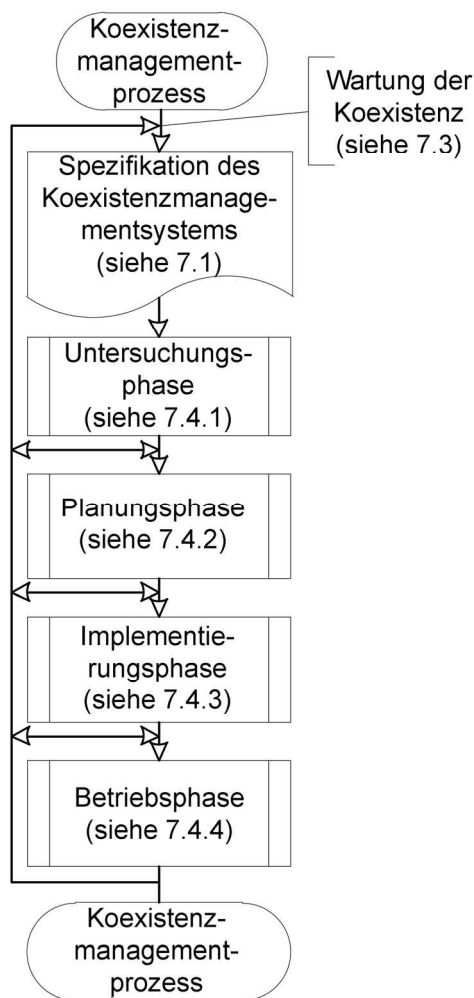


Bild 5 – Ablaufschema des konzeptionellen Koexistenzmodells

4.9 Koexistenzmanagement und Auswahl einer Funklösung

Der Ausgangspunkt und die Voraussetzung für die Einführungsphase ist, dass die Funklösung für die gestellten Anforderungen geeignet ist. Die Untersuchungsphase beginnt mit der Analyse, ob das System die Kommunikationsanforderungen einer Anwendung erfüllen kann. Als Teil dieses Prozesses kann es erforderlich sein, neue Funksysteme hinsichtlich der Kommunikationsanforderungen der Anwendung zu prüfen. Bild 6 bildet die in Bild 5 dargestellten Entscheidungen und Aktionen in einem Ablaufplan ab.

Bei der Untersuchung, ob eine Funklösung die Anforderungen einer Automatisierungsanwendung erfüllt, muss analysiert werden, ob die Funkübertragung unter dem Aspekt des Aufwands zur Herstellung von Koexistenz eine sinnvolle Lösung darstellt. Insofern ist der Auswahlprozess von Funklösungen schon Teil des Koexistenzmanagementprozesses.

Der Entscheidung für den Einsatz eines Funksystems muss die Entscheidung zur Einführung eines Koexistenzmanagementprozesses folgen (siehe Abschnitt 7). Der Koexistenzmanagementprozess umfasst Planung, Installation, Betrieb und Instandhaltung von Funksystemen. Die Koexistenzplanung (siehe 7.4.2.2) beginnt mit der Durchführung einer Bestandsaufnahme aller Funkanwendungen, weil diese als potenzielle Störer angesehen werden können (siehe 7.3).

In der Planungsphase der Koexistenz kann sich herausstellen, dass sich eine ausgewählte Funkanwendung nicht in die bestehende Anlage integrieren lässt. Die Wahl einer anderen Funklösung oder der Verzicht auf ein Funksystem könnten die Folge sein. Ist durch die Planungsphase sichergestellt, dass alle Funkanwen-

ungen die an sie gestellten Anforderungen erfüllen, kann im Koexistenzmanagementprozess die Betriebsphase eingeleitet werden (siehe 7.4.4).

ANMERKUNG Prozesse in der Planungs- und der Betriebsphase werden später in diesem Teil der IEC 62657 genauer erläutert.

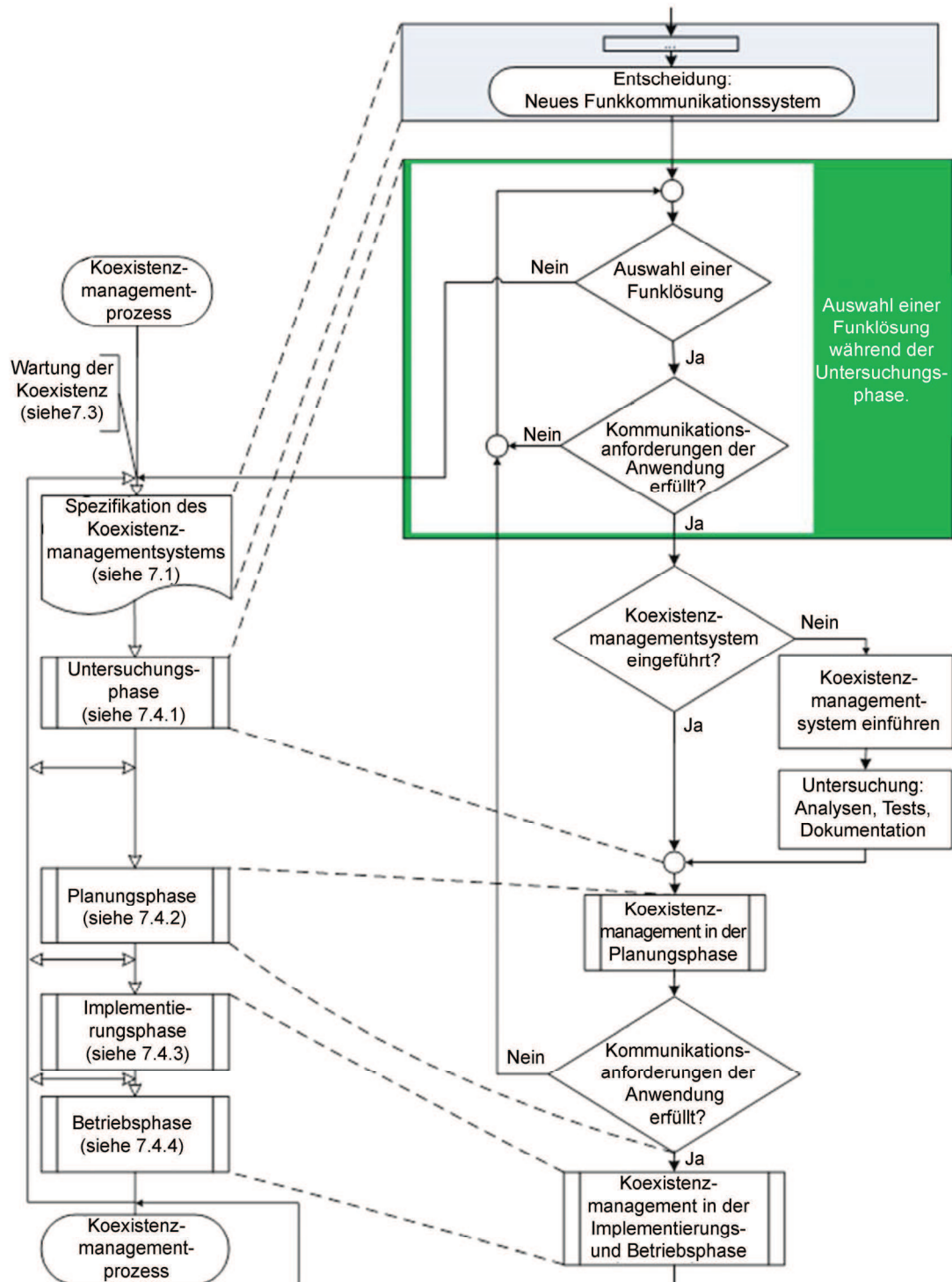


Bild 6 – Auswahl eines Funksystems im Koexistenzmanagementprozess

4.10 Koexistenzmanagementsystem

Das Koexistenzmanagementsystem besteht aus einer organisatorischen Struktur und Verfahrensdokumenten. Die Durchführung des Koexistenzmanagements überführt das System in einen Zustand des „Koexistenzmanagements in der Betriebsphase“. Die Spezifikation des Koexistenzmanagementsystems muss die folgenden Informationen beinhalten:

- Anwendungsbereich des Koexistenzmanagements;
- Selbstverpflichtung der Organisation zum Koexistenzmanagement;
- Arbeitsablauf für die Erstellung der Spezifikation des Koexistenzmanagementsystems;
- Organisationsaspekte einschließlich der Struktur der Organisation, der Verantwortlichkeiten des Personals, des Informationsaustausches mit externen Organisationen und der Ausbildung des Personals;
- Verfahren des Koexistenzmanagements.

Die Spezifikation des Koexistenzmanagementsystems muss dokumentiert und gepflegt werden.

5 Parameter des Koexistenzmanagements

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Parameter, die innerhalb des Koexistenzmanagementprozesses relevant sind. Diese Parameter sind für die Kommunikationsanforderungen in der industriellen Automatisierung und die Bedingungen innerhalb des Betriebsbereichs von Bedeutung und charakterisieren Funkgeräte und -netze.

Die Verwendung der Parameter ist in Abschnitt 6 festgelegt. Abschnitt 8 enthält die Vorlagen für einige dieser Parameter.

Die Parameter sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Alle Parameter sind auch in 3.1 definiert. Da der genannte Unterabschnitt neben den Parametern weitere Begriffe enthält, ist die Nummerierung anders.

5.2 Nachbarkanaltrennschärfe

Dem Literaturhinweis [13] kann die folgende Definition entnommen werden:

„Die Nachbarkanaltrennschärfe ist ein Maß für die Fähigkeit des Empfängers, ein modulierte Nutzsignal bei der Nennfrequenz zu empfangen, ohne eine festgelegte Minderung zu überschreiten, die durch das Vorhandensein eines modulierten Störsignals entsteht, welches sich in der Frequenz vom Nutzsignal um einen Betrag unterscheidet, der dem Nachbarkanalabstand entspricht, für den das Betriebsmittel vorgesehen ist.“

Die Nachbarkanaltrennschärfe wird in Dezibel angegeben und ist in [13] festgelegt als „der kleinere Wert (des oberen bzw. unteren Nachbarkanals) der Verhältnisse der als Feldstärke ausgedrückten Störsignalpegel zu den als Feldstärke ausgedrückten festgelegten Nutzsignalpegel, welche ein Datensignal mit einer Bitfehlerrate von 10^{-2} erzeugt.“ Die Nachbarkanaltrennschärfe ist zur Einschätzung der Störfestigkeit eines Empfängers gegenüber Systemen in Nachbarkanälen geeignet.

Dieser Parameter wird in der Einheit dB über dem vorgesehenen Frequenzbereich angegeben.

5.3 Antennentyp

Funkgeräte können zum Empfang oder zur Abstrahlung elektromagnetischer Wellen unterschiedliche Arten von Antennen nutzen. Beispiele sind Rundstrahler, Richtstrahler, Antennen-Arrays und Leiterplattenantennen. Die Antennen können in das Gerät integriert sein oder es sind Steckverbinder für den Anschluss von externen Antennen vorgesehen. Wenn ein Gerät nur mit einer bestimmten Antenne benutzt werden

kann, wird diese als dedizierte Antenne bezeichnet. Mit den Informationen über den Antennentyp können die Qualität der Kommunikationsverbindung und die Störempfindlichkeit eingeschätzt werden.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.4 Antennengewinn

Der Antennengewinn beschreibt die Bündelung eines gesendeten oder empfangenen Signals. Die Werte werden bezogen auf einen Halbwellendipol oder einen theoretischen isotropen Strahler angegeben. Da der isotrope Gewinn eines Halbwellendipols 2,15 dBi beträgt, ist der Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol um 2,15 dBi geringer als der Antennengewinn bezogen auf einen isotropen Strahler.

Zusammen mit den Werten der Sendeleistung und unter Berücksichtigung der Ausbreitungsbedingungen können mit der Empfindlichkeit des Empfängers der Standort und die Richtung des Betriebsmittels oder der Antennen optimiert werden.

Dieser Parameter wird in der Einheit dBi angegeben.

5.5 Strahlungscharakteristik einer Antenne

Eine Strahlungscharakteristik wird in der Regel graphisch für die Fernfeldbedingungen entweder in der horizontalen oder der vertikalen Ebene dargestellt. Mit diesen Informationen können der Standort und die Richtung des Betriebsmittels oder der Antennen optimiert werden.

Dieser Parameter wird in einem Bild dargestellt.

5.6 Bandbreite

Die Bandbreite ist der Frequenzbereich, den ein modulierte Trägersignal einnimmt. Der Bandbreitenwert hängt vom spektralen Leistungspegel ab, auf den er bezogen ist (siehe 5.38). Die Bitrate eines Kommunikationskanals ist proportional der Bandbreite des für die Kommunikation benutzten Signals. Vom Standpunkt des Koexistenzmanagements aus gibt die Bandbreite die Ausnutzung des Frequenzspektrums durch die Funkeinrichtung an. Systeme können ungewollt auch außerhalb der festgelegten Bandbreite abstrahlen. Dies kann zu einer sogenannten Nachbarkanalstörung (im nächsten Kanal) oder auch zur Störung anderer Kanäle (in den übernächsten Kanälen) führen.

Dieser Parameter wird in der Einheit Hz angegeben.

5.7 Bitrate der physikalischen Verbindung

Die Bitrate der physikalischen Verbindung ist ein Maß für die Anzahl der je Sekunde übertragenen Bits. Da Daten oft moduliert oder codiert sind, kann die Zeitauslastung eines Telegramms nicht immer durch einfache Division der Bitanzahl des Telegramms durch die Bitrate berechnet werden. Es muss auch erwähnt werden, dass die Bitrate der physikalischen Verbindung in der Regel nicht identisch mit der Bitrate der Referenzschnittstelle ist. Eine hohe Bitrate der physikalischen Verbindung bedeutet nicht automatisch eine hohe Dienstgüte.

Dieser Parameter wird in der Einheit Bit/s angegeben.

5.8 Mittenfrequenz

Einige Funknormen definieren Frequenzkanäle für die Kommunikation in Bezug auf Mittenfrequenz und Bandbreite. Dabei gibt die Mittenfrequenz die Lage eines Frequenzkanals innerhalb des Frequenzspektrums an. Die Mittenfrequenz muss anhand der entsprechenden Grenzfrequenzen berechnet werden. Die Mittenfrequenz ist das geometrische Mittel der unteren Grenzfrequenz und der oberen Grenzfrequenz.

Dieser Parameter wird in der Einheit Hz angegeben.

5.9 Eigenschaften des Betriebsbereichs

Es sind die folgenden Betriebsbereiche vorzusehen:

- in Innenräumen;
- im Freien;
- in Innenräumen und im Freien.

Für den Betrieb in Innenräumen ist es sinnvoll festzulegen, ob die Kommunikation an einer Maschine oder in einer Fertigungszelle konzentriert ist oder ob sie über die gesamte Werkshalle oder Anlage stattfindet.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.10 Kommunikationslast

Die Kommunikationslast beschreibt die Anforderung der Automatisierungsanwendung, in einem bestimmten Zeitraum eine bestimmte Menge an Nutzdaten zu übertragen, wie in Bild 7 dargestellt. Die Kommunikationslast wird als Verhältnis zwischen Datenlänge der Automatisierungsanwendung und Sendezeitabstand angegeben.

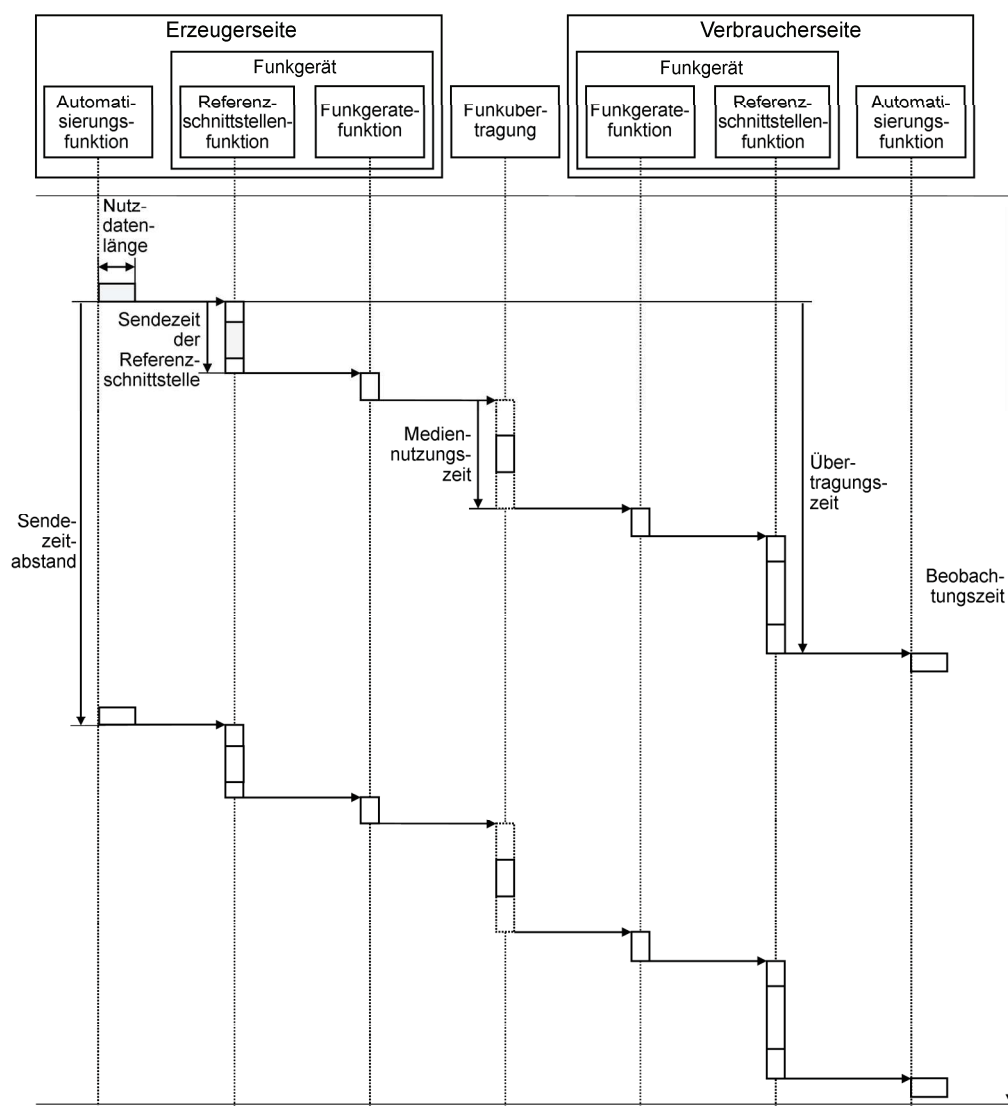


Bild 7 – Kommunikationslast bei zwei Funkgeräten

Die tatsächliche Mediennutzung hängt jedoch von der angewendeten Funklösung ab. Im Beispiel in Bild 8 ist die Kommunikationslast für mehr als zwei Funkgeräte angegeben.

Dieser Parameter wird in der Einheit Bit/s angegeben.

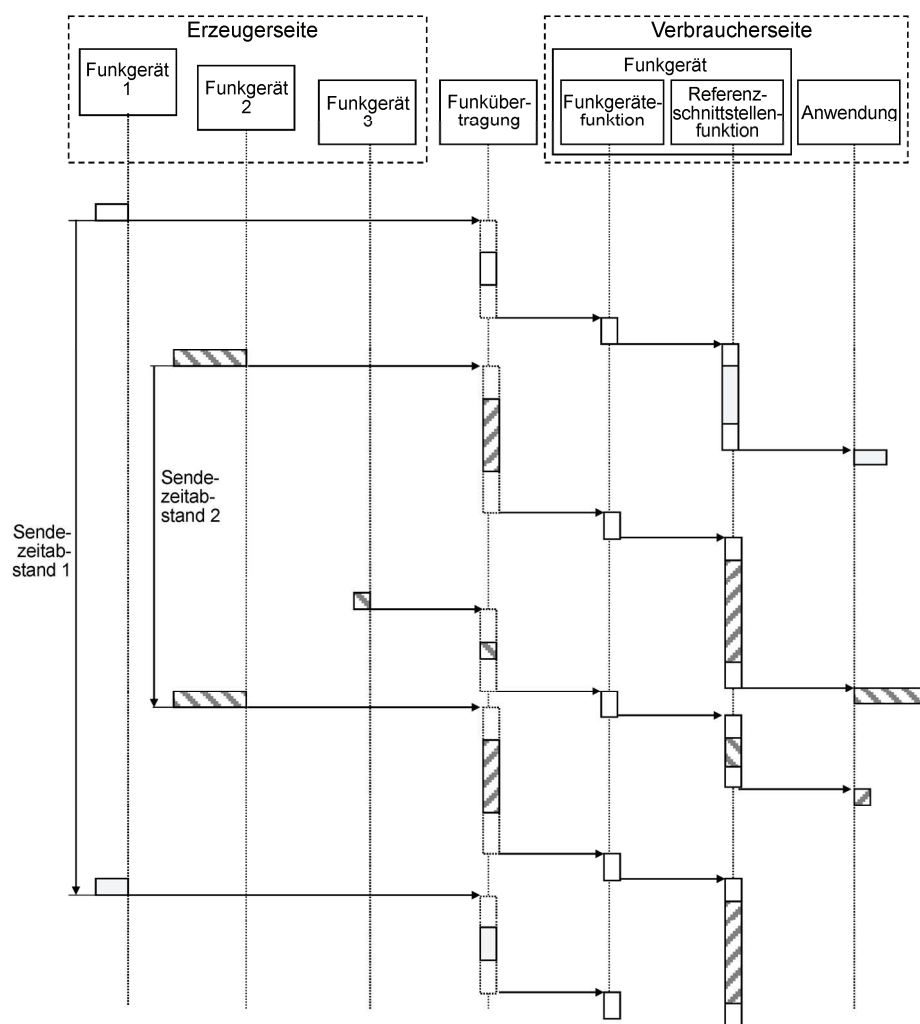


Bild 8 – Kommunikationslast bei mehreren Funkgeräten

5.11 Grenzfrequenz

Grundsätzlich gibt es zwei Grenzfrequenzen. Die obere Grenzfrequenz ist die höchste maßgebliche Frequenz der Hüllkurve des Spektrums. Die untere Grenzfrequenz ist die niedrigste maßgebliche Frequenz der Hüllkurve des Spektrums. Es hängt jedoch von der Funktechnik bzw. von der Funknorm ab, was maßgeblich in diesem Fall heißt.

Es gibt zwei grundlegende Ansätze:

- Der erste Ansatz ist in Bild 9 anhand eines WLAN-Systems dargestellt. Die größte übertragene spektrale Leistungsdichte stellt den Referenzpegel dar. Von diesem Höchstpegel wird ein bestimmter Wert subtrahiert. Ein Beispiel für diesen Wert sind 20 dB. Die Frequenz am weitesten oberhalb der Frequenz, bei der die spektrale Leistungsdichte unter den resultierenden Pegel fällt, wird als die untere Grenzfrequenz bezeichnet. Entsprechend wird die Frequenz am weitesten unterhalb der Frequenz, bei der die spektrale Leistungsdichte unter diesen Pegel fällt, als die obere Grenzfrequenz bezeichnet.
- Der zweite Ansatz definiert die Grenzfrequenzen bezogen auf einen bestimmten Nebenaussendungspegel.

Die Grenzfrequenzen bestimmen die Bandbreite eines Systems und damit die Mediennutzung im Frequenzbereich. Darüber hinaus kann mit den Grenzfrequenzen die Mittenfrequenz berechnet werden.

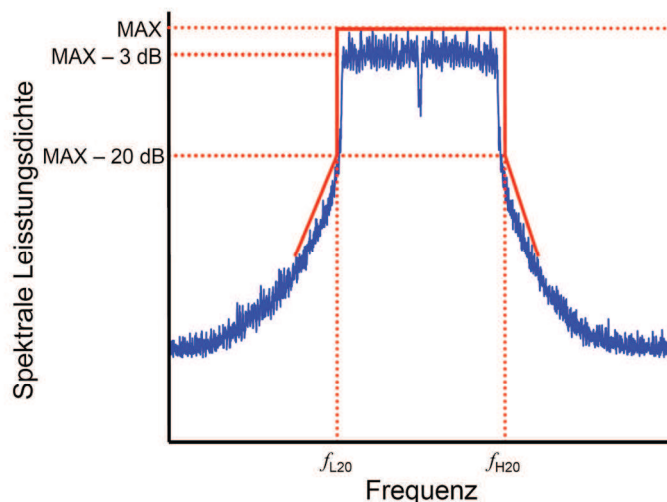


Bild 9 – Aus dem größten Leistungspegel abgeleitete Grenzfrequenzen

Dieser Parameter wird in der Einheit Hz angegeben.

5.12 Datendurchsatz

Der Datendurchsatz ist für die Übertragung großer Datenmengen maßgeblich (z. B. die Übertragung sehr großer Parameterdatensätze an Antriebe oder das Herunterladen von Programmen auf komplexe Feldgeräte).

Der Datendurchsatz ist die Anzahl von Nutzdatenbytes oder Nutzdatenbits, die je Zeiteinheit innerhalb eines Verbrauchers von der Referenzschnittstelle an die Anwendung übergeben werden.

Zur Bewertung der Koexistenz kann der Mittelwert einer Messreihe mit einem durch die Automatisierungsanwendung vorgegebenen Wert verglichen werden.

Dieser Parameter wird in der Einheit Bit/s angegeben.

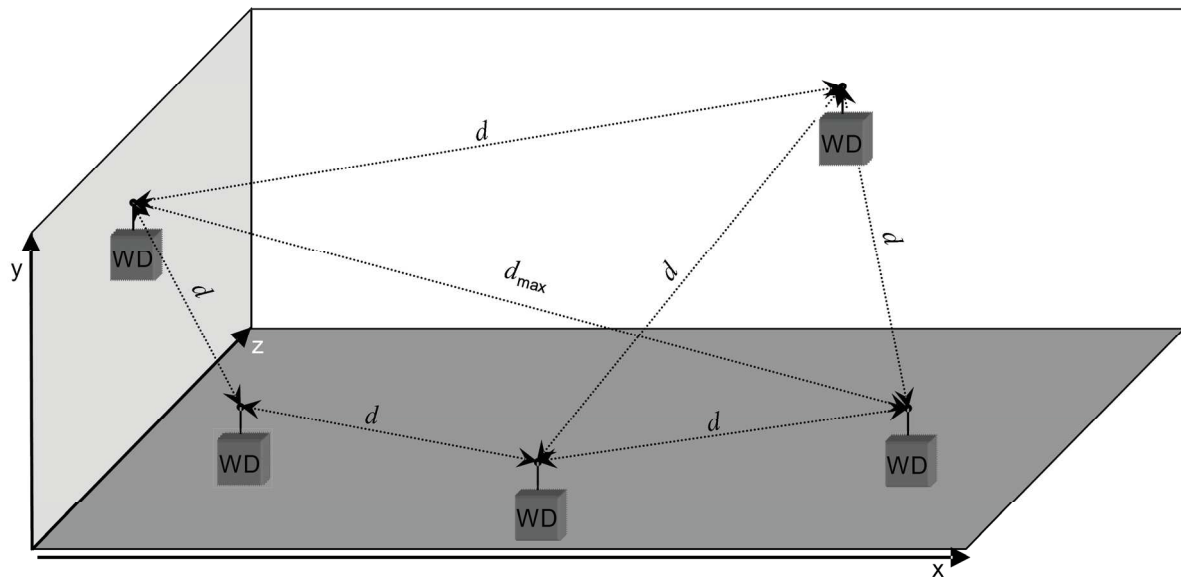
5.13 Charakteristische Geräteparameter

Für jedes Gerät müssen die typischen Parameter zur Charakterisierung des Gerätes bereitgestellt werden, wie Modelltyp, Hersteller, Hardware-Version.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.14 Abstand zwischen Funkgeräten

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. In Bild 10 sind die Abstände von Funkgeräten in einem dreidimensionalen Raum dargestellt. Bei beweglichen oder mobilen Funkgeräten kann sich der Abstand dynamisch verändern.



Legende

d Abstand (m)

WD Funkgerät

Bild 10 – Abstand zwischen Funkgeräten

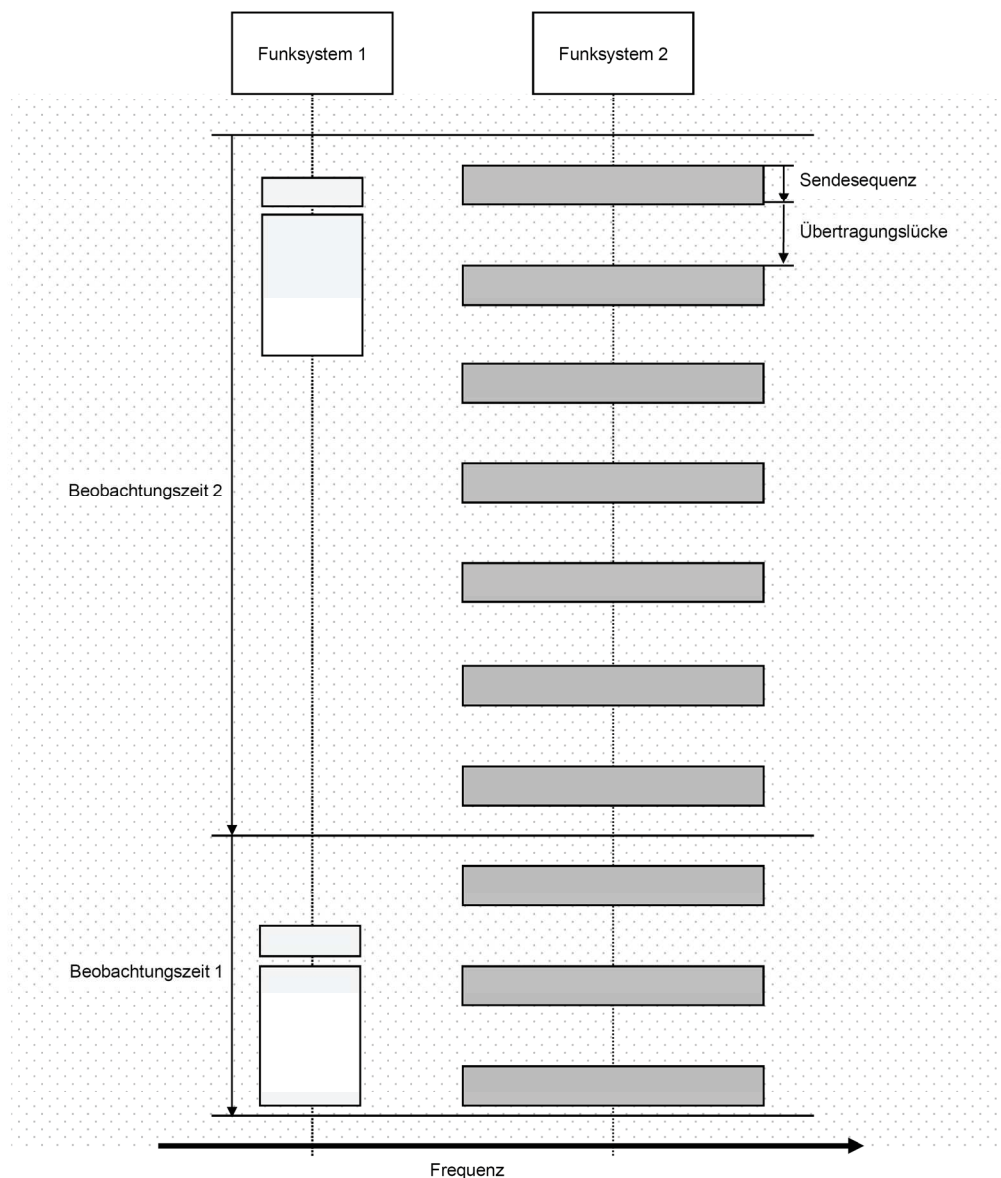
Wenn möglich, sollte der Abstand zwischen den Funkgeräten eines Funksystems so gewählt werden, dass optimale Signalleistungspegel erreicht werden; dadurch wird die Widerstandsfähigkeit des Funksystems erhöht. Der Abstand zu Funkgeräten von anderen Funksystemen sollte so gewählt werden, dass der störende Signalleistungspegel so niedrig wie möglich ist. Das reduziert die Interferenz durch die anderen Funksysteme.

Es sollte mindestens der größte Abstand des Funksystems angegeben werden.

Der Abstand zwischen Funkgeräten wird in der Einheit m angegeben.

5.15 Betriebszyklus

Der Betriebszyklus ist das Verhältnis der Sendesequenz bezogen auf eine gegebene Beobachtungszeit für den benutzten Frequenzkanal. Die Auswahl der Beobachtungszeit beeinflusst den Wert des Betriebszyklus. Dies wird in Bild 11 veranschaulicht. Für das System 1 mit der Beobachtungszeit 1 ist der Betriebszyklus größer als für das System 2. Er ist jedoch kleiner für das System 1 mit der Beobachtungszeit 2.



Legende

Hellgrau = Übertragung von Funksystem 1

Dunkelgrau = Übertragung von Funksystem 2

Bild 11 – Betriebszyklus

Es ist sinnvoll, die Beobachtungszeit bezogen auf die Anwendungsprofile festzulegen. Die Beobachtungszeit muss das Zehnfache des typischen Sendezeitabstands eines Anwendungsprofils betragen. Der Sendezeitabstand ist dabei die Zeitdifferenz zwischen zwei Übertragungen von Nutzdaten von der Automatisierungsanwendung. Es müssen also die in Tabelle 2 angegebenen Werte der Beobachtungszeit angewendet werden.

Tabelle 2 – Vom Anwendungsprofil abhängige Werte der Beobachtungszeit

Anwendungsprofil	Maschine	Werkshalle	Verfahrenstechnische Anlagen
Sendezeitabstand	100 ms	250 ms	4 s
Beobachtungszeit	1 s	2,5 s	40 s

Der Betriebszyklus ist der Hauptparameter für die Bewertung der Mediennutzung im Zeitbereich. Ein kleiner Betriebszyklus führt zu einer geringen Mediennutzung und damit zu einer geringeren Beeinflussung anderer Frequenznutzer.

Dieser Parameter wird in % angegeben.

5.16 Verweilzeit

Die Verweilzeit beschreibt die Agilität eines Systems mit Frequenzsprungverfahren. Mithilfe der Verweilzeit und der Anzahl der Frequenzkanäle kann ermittelt werden, wie oft das System einen bestimmten Kanal benutzt.

Die Verweilzeit entspricht der Zeitdauer, die ein System einem bestimmten Kanal zugeordnet ist. Wenn das System eine unmittelbare Antwort fordert, müssen diese Zeit und die Wartezeit berücksichtigt werden. Die längste Verweilzeit ist nur für Systeme, die Frequenzsprungverfahren verwenden, zutreffend. Um den schlechtesten Fall zu berücksichtigen, muss für ein Funkgerät oder ein Funksystem die längste Verweilzeit festgelegt werden. Die längste Verweilzeit ist in Bild 12 mit $\max t_{Dw}$ angegeben.

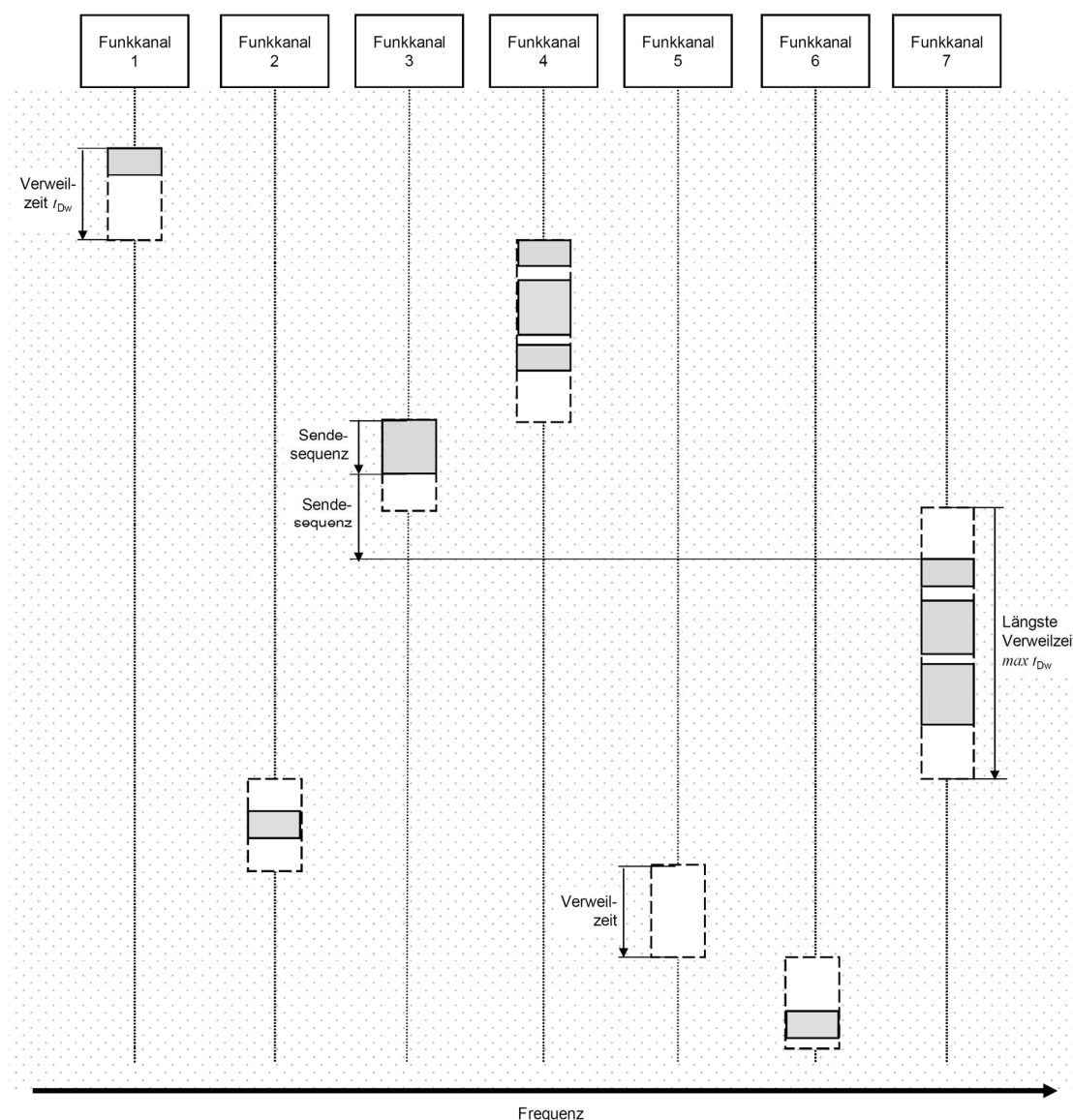


Bild 12 – Längste Verweilzeit

Dieser Parameter wird in der Einheit s angegeben.

5.17 Äquivalente isotrope Strahlungsleistung

Die äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP) ist das Produkt aus der in die Antenne eingespeisten Leistung (gesamte Strahlungsleistung) und dem Antennengewinn G_i bezogen auf eine isotrope Antenne in einer vorgegebenen Richtung (absoluter oder isotroper Gewinn) (siehe [12]).

Da der isotrope Gewinn eines Halbwellendipols 2,15 dBi beträgt, sind die EIRP-Werte um 2,15 dBi größer als die ERP-Werte.

Die EIRP ist einer der Grundparameter für die Bewertung des Leistungspegels an einem bestimmten Standort.

BEISPIEL Bei Annahme der Verwendung einer Antenne mit einem Antennengewinn von 3 dBi (siehe auch 5.2.1), darf die gesamte Strahlungsleistung am Antenneneingang 17 dBm nicht überschreiten, damit die Anforderung einer EIRP von 20 dBm erfüllt wird.

Dieser Parameter wird in der Einheit W angegeben.

5.18 Äquivalente Strahlungsleistung

Die äquivalente Strahlungsleistung (ERP) ist das Produkt der in die Antenne eingespeisten Leistung (gesamte Strahlungsleistung) und ihrem Gewinn bezogen auf einen Halbwellendipol in einer vorgegebenen Richtung (siehe auch [12]). Ist die Richtung einer Antenne nicht festgelegt, wird die Richtung des größten Gewinns angenommen. Die ERP berücksichtigt die Verluste der Übertragungsleitung und der Stecker.

Dieser Parameter wird in der Einheit W angegeben.

5.19 Frequenzband

Ein Frequenzband ist ein Segment des Frequenzspektrums, das durch Regulierungsbehörden einer oder mehreren Funkanwendungen zugeteilt ist. In den Regulierungen sind Merkmale der Funkanwendung sowie Nutzungsbedingungen beschrieben, wie Leistung oder Medienzugriff. Ein Frequenzband kann in Frequenzkanäle aufgeteilt sein. Die Anzahl der Kanäle im Frequenzband, die Bandbreite und die Kanaltrennung sind in Funkspezifikationen oder -normen festgelegt. In Abhängigkeit von der Funktechnologie und der Implementierung eines Funkgerätetyps können Frequenzband und ein oder mehrere Frequenzkanäle während der Konfiguration ausgewählt werden. Es gibt darüber hinaus auch die Möglichkeit, die Auswahl eines Frequenzbands oder Frequenzkanals während des Betriebs zu ändern. Die sogenannten Frequenzsprungsysteme nutzen per Definition mehr als einen Frequenzkanal. Das Frequenzband und die Anzahl der ausgewählten oder der tatsächlich genutzten Frequenzkanäle stellen einen Teil der Grundparameter eines Koexistenzmanagements dar.

Dieser Parameter wird in der Einheit Hz angegeben.

5.20 Frequenzkanal

Der Frequenzkanal wird als vorzeichenloser ganzzahliger Wert entsprechend einer Spezifikation oder Norm ausgedrückt. Andernfalls müssen Kombinationen aus Mittenfrequenz und Bandbreite oder unterer und oberer Grenzfrequenz in Hz angegeben werden.

5.21 Frequenzsprungverfahren

Die Beschreibung des Frequenzsprungverfahrens muss die Folge der für die Übertragung genutzten Frequenzkanäle (Sprungfolge) und die Verweilzeit enthalten.

Dieser Parameter wird in Form von vorzeichenlosen Zahlen angegeben.

5.22 Planung der zukünftigen Erweiterung

Es sollten Planungen für zukünftige Erweiterungen in Betracht gezogen werden. Die Einrichtung neuer Funklösungen und Gebäude kann die Bedingungen für die Funkkommunikation beeinflussen. Durch das Reservieren von Ressourcen könnten beispielsweise Änderungen an der installierten Basis infolge des Hinzufügens weiterer Funkgeräte vermieden werden.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.23 Räumliche Ausdehnung der Anlage

Für den Zweck der Koexistenz der Funkkommunikation muss die räumliche Ausdehnung der Anlage in Form der Länge, Breite und Höhe des Raums angegeben werden, in dem die Funksysteme errichtet werden können. Dabei sollte der Betriebsbereich berücksichtigt werden, z. B. die Werkshalle für eine Maschine.

Innerhalb dieses Bereichs sind möglicherweise mehrere Funksysteme mit unterschiedlicher räumlicher Abdeckung (siehe 5.48) in Betrieb. Die räumliche Ausdehnung der Anlage bestimmt den passiven Einfluss auf die Funkwellenausbreitung, beispielsweise durch Reflexionen.

Länge, Breite und Höhe werden in der Einheit m angegeben.

5.24 Infrastrukturgerät

Infrastrukturgeräte sind Geräte wie Router oder Basisstationen ohne direkte Beziehung zur Automatisierungsanwendung. Infrastrukturgeräte sind zum Aufbau des Funksystems entsprechend der Technologie oder der Norm notwendig. Sie können die Widerstandsfähigkeit eines Netzes verbessern, sie stören aber auch andere Funksysteme.

Router oder Basisstationen, die eine Schnittstelle zu drahtgebundenen industriellen Netzen aufweisen oder die Funktionen der Automatisierungsanwendungen implementieren, zählen nicht zu Infrastrukturgeräten, aber zu Funkgeräten.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.25 Initiierung der Datenübertragung

Dieser Parameter legt fest, wie die Anwendung die Datenübertragung initiiert: periodisch, aperiodisch oder stochastisch. Eine periodische Übertragung kann eine höhere Kommunikationslast zur Folge haben als eine aperiodische Übertragung, da gegebenenfalls unveränderte Werte mehrfach übertragen werden. Die Initiierung der Datenübertragung beeinflusst die Kommunikationslast und kann zu einer zeitlichen Trennung der Funksysteme beitragen.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.26 Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand

Die Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand ist die Anzahl der in einem Sendezeitabstand gesendeten Oktetts, abzüglich der Oktetts, die aufgrund der Anforderungen des Funkkommunikationsprotokolls hinzugefügt werden.

ANMERKUNG Die Datenlänge der Automatisierungsanwendung hat Einfluss auf die Kommunikationslast und könnte zur zeitlichen Trennung der Funksysteme beitragen.

Die Datenlänge der Automatisierungsanwendung hat Einfluss auf die Kommunikationslast und könnte zur zeitlichen Trennung der Funksysteme beitragen.

Dieser Parameter wird in der Einheit bit angegeben.

5.27 Einschränkungen durch Anrainer der Anlage

Anrainer der Anlage können gegebenenfalls Einschränkungen für die Funkkommunikation hervorrufen. Beispiele sind leistungsstarke Funkquellen und stöempfindliche Betriebsmittel.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.28 Maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung

Dieser Parameter beschreibt, wie oft Nutzdaten aufgrund von Übertragungsfehlern automatisch wiederholt vom Kommunikationsstapel übertragen werden. Es besteht die Möglichkeit, dass die Wiederholung der Übertragung von unterschiedlichen Protokollschichten initiiert wird. Deshalb muss für jede zutreffende Schicht die Höchstzahl von Wiederholungen der Übertragung festgelegt werden. Einzelheiten des Mechanismus, wie Wartezeiten, sollten möglichst erläutert werden. Dieser Parameter kann einen erheblichen Einfluss auf die Mediennutzung haben.

Abhängig vom Anwendungsfall muss die maximale Anzahl der Wiederholungen der Übertragung für das Gerät (Eigenschaft des Funkgerätetyps) oder die konfigurierte maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung (Eigenschaft der Funkkommunikationslösung) festgelegt werden.

Dieser Parameter wird in Form einer vorzeichenlosen Zahl angegeben.

5.29 Adaptive Verfahren

Ein oder mehrere adaptive Verfahren können für die Änderung eines oder mehrerer Betriebsparameter des Systems benutzt werden mit dem Ziel, die Widerstandsfähigkeit des Systems gegenüber Störungen zu verbessern und die Mediennutzung zu verringern. Adaptive Kommunikationsverfahren nutzen möglicherweise automatische Rückmeldeinformationen, die von einem System selbst oder von Signalen, die durch ein System übertragen werden, erhalten werden, um die Betriebsparameter des Systems dynamisch anzupassen. Außerdem können die Betriebsparameter im Voraus geplant und das System entsprechend konfiguriert werden.

Beispiele für adaptive Verfahren sind:

- Koexistenzmanager: ein zentrales Systemelement steuert die Mediennutzung;
- Feststellung und Vermeidung bereits benutzter Frequenzen (DAA): wenn ein Kanal belegt ist, Kanal wechseln (z. B. AFH);
- Feststellung und Unterdrückung von Störungen (DAS): wenn der Kanal belegt ist, nicht übertragen (z. B. Listen Before Talk, LBT);
- Feststellung und Minderung von Störungen (DAR): wenn der Kanal belegt ist, Ausgangsleistung verringern.

Abhängig davon, wie viele Systeme adaptive Verfahren benutzen und welche Parameter sie anpassen, können diese Maßnahmen helfen, die Koexistenz zu verbessern, oder sie können zu einem instabilen und unzuverlässigen Systemverhalten führen.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.30 Mechanismen der Medienzugriffssteuerung

Die Medienzugriffssteuerung stellt beispielsweise sicher, dass eine Kommunikationsanforderung bedient wird, sofern das Medium frei ist (siehe CSMA, z. B. in IEEE 802.3 [15]), oder sie weist der Anforderung definierte Zeitschlitze zu (siehe TDMA, z. B. in IEEE 802.15.4 [19]). Kombinationen dieser beiden Techniken sowie weiterer Zugriffsmechanismen sind möglich. Der Zweck dieser Mechanismen ist in erster Linie die Steuerung des Medienzugriffs innerhalb eines Funksystems. Es werden jedoch auch die Störfestigkeit und die Mediennutzung eines Systems beeinflusst, weshalb die Mechanismen beim Koexistenzmanagementprozess berücksichtigt werden müssen.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.31 Modulation

Ein Signal erhält seinen Informationsgehalt durch Änderung von Amplitude, Frequenz oder Phase einer Welle. Diese Änderung erfolgt durch Modulation der Welle. Es werden sowohl die analoge als auch die digitale Modulation verwendet. Die digitale Modulation kann mit Spreizschemen kombiniert werden, um die Widerstandsfähigkeit des physikalischen Signals zu verbessern.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.32 Natürliche Umgebungsbedingung

Die Ausbreitungsbedingungen können durch natürliche Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Luftdruck beeinflusst werden.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.33 Netztopologie

Die Topologie beschreibt die Struktur und den Aufbau eines Funkkommunikationsnetzes in einer Funkanwendung.

ANMERKUNG Siehe IEC 62657-1 für Anwendungsfälle verschiedener Topologien. Diese Topologien sind in IEC 61918 definiert.

Anwendbare Topologien sind:

- Punkt-zu-Punkt-Topologie;
- Linientopologie;
- Ringtopologie;
- Sterntopologie;
- Baumtopologie;
- Maschentopologie;
- Zelltopologie.

Es sind Kombinationen dieser Topologien möglich. Mit dieser Information kann die vorgesehene Ausdehnung einer Funklösung bewertet werden.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.34 Anderer Frequenznutzer

Dieser Parameter beschreibt andere Frequenznutzer, die im selben Bereich betrieben werden und die Funkwellen aussenden, ohne Daten zu übertragen, z. B. Schweißmaschinen, elektrische Antriebe, Frequenzumrichter. Die Art des anderen Frequenznutzers und dessen Mediennutzung müssen bekannt sein.

Dieser Parameter wird als Zeichenfolge mit Text bestehend aus mehreren Oktetts angegeben.

5.35 Paketverlustrate

Die Paketverlustrate (PLR) gibt Aufschluss darüber, wie viele der Pakete, die innerhalb des Erzeugers von der Anwendung an die Referenzschnittstelle übergeben werden, innerhalb des Verbrauchers von der Referenzschnittstelle an die Anwendung übergeben werden.

Die PLR wird wie folgt ermittelt:

Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.

Dabei ist

N_t die Anzahl der gesendeten Pakete;

N_r die Anzahl der regulär empfangenen Pakete.

Davon ausgehend, dass eine Anwendung ein Paket spätestens nach einer Zeit t_{DL} erwartet, müssen alle Pakete mit einer Übertragungszeit größer t_{DL} als verloren gelten und der Anzahl nicht empfangener Pakete ($N_t - N_r$) zugerechnet werden. Zur Bewertung der Koexistenz ist zu prüfen, wie viele aufeinanderfolgende Paketverluste durch die Automatisierungsanwendung toleriert werden, bevor es zu einem Anlagenstillstand kommt. Die Anzahl der Anlagenstillstände bestimmt die Anlagenverfügbarkeit, welche das zentrale Qualitätskriterium der Funkkommunikation darstellt.

Der Wert dieses Parameters wird in % angegeben.

5.36 Physikalische Verbindung

Eine physikalische Verbindung ist die Verbindung zwischen den Funkempfängern (physikalischen Endpunkten) zweier Funkgeräte. Die Gesamtheit der physikalischen Verbindungen eines Funksystems bildet seine physikalische Topologie. Eine physikalische Verbindung nutzt möglicherweise verschiedene Frequenzkanäle für die Übertragung. Die Bedingungen der Funkübertragung können mithilfe eines Frequenzkanalmodells beschrieben werden. In einem solchen Modell werden die Eigenschaften des Frequenzkanals, die Umgebungsbedingungen, der Abstand zwischen den Funkgeräten, die Antennencharakteristik usw. berücksichtigt. Da die Funkgeräte möglicherweise verschiedene Antennensysteme einsetzen und die Ausbreitungsbedingungen von der Position des Funkgerätes abhängen, wird für die beiden Richtungen einer physikalischen Verbindung in der Regel ein unterschiedlicher Frequenzkanal verwendet.

Wenn Funkgeräte redundante Funkmodule besitzen, z. B. für verschiedene Frequenzkanäle, müssen die zugehörigen physikalischen Verbindungen einzeln gezählt werden. Es muss nicht immer eine physikalische Verbindung zwischen zwei Funkgeräten vorhanden sein. Dafür kann es physikalische, technische oder anwendungsbezogene Gründe geben. Die Kommunikationslast einer physikalischen Verbindung wird durch die logischen Verbindungen bestimmt, die diese physikalische Verbindung nutzen. Eine logische Verbindung kann eine oder mehrere physikalische Verbindungen in Reihe (über Repeater) oder parallel geschaltet (zu Redundanzzwecken) verwenden. Mehrere logische Verbindungen können dieselbe physikalische Verbindung verwenden (verschiedene Kommunikationsdienste).

ANMERKUNG Dieser Parameter ist nicht in Abschnitt 6 oder Abschnitt 8 enthalten. Er ist festgelegt, damit er im Zusammenhang mit anderen Parametern, die diese Bezeichnung benutzen (besonders in Abschnitt 6), verstanden wird.

5.37 Position von Funkgeräten

Die Position von Funkgeräten (oder deren Antennen) hat Einfluss auf die Eigenschaften der Frequenzkanäle. In der Nähe von Hindernissen, beweglichen Betriebsmitteln oder engen Fluren können schlechtere Ausbreitungsbedingungen herrschen. Dies gilt für die absolute Position eines einzigen Funkgerätes oder die Position bezogen auf andere Funkgeräte. Das bedeutet, dass die Positionen von Funkgeräten so gewählt werden müssen, dass für die Funkübertragung optimale Ausbreitungsbedingungen erreicht werden. Es könnte deshalb von Vorteil sein, die Implementierung von Automatisierungsfunktionen von der Implementierung der Funkkommunikationsfunktionen abzukoppeln und die Geräte über Kabel anzuschließen. Die ausschließliche Abkopplung der Antenne stellt eine weitere Option dar, z. B. dann, wenn das Automatisierungsgerät in einem Schaltschrank untergebracht wird. Die Bewegungsbahn ist für bewegliche oder mobile Funkgeräte von besonderer Bedeutung. Die Positionen (oder Bewegungsbahnen) aller Funkgeräte einer verteilten Automatisierungsanwendung sollten in einer Skizze des Einsatzbereichs erfasst werden.

Die Position eines Funkgerätes wird in einem dreidimensionalen Raum festgelegt. Die einzelnen Maße werden in der Einheit m angegeben.