

DIN EN 62657-2

ICS 35.110

Ersatz für
DIN EN 62657-2:2016-02
Siehe Anwendungsbeginn

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Funk-Kommunikationsnetze –
Teil 2: Koexistenz-Management
(IEC 62657-2:2017);
Deutsche Fassung EN 62657-2:2017**

Industrial communication networks –
Wireless communication networks –
Part 2: Coexistence management
(IEC 62657-2:2017);
German version EN 62657-2:2017

Réseaux de communication industriels –
Réseaux de communication sans fil –
Partie 2: Gestion de coexistence
(IEC 62657-2:2017);
Version allemande EN 62657-2:2017

Gesamtumfang 96 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-06-15 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-03-01.

Für DIN EN 62657-2:2016-02 besteht eine Übergangsfrist bis 2020-06-15.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62657-2:2016-08.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 65C „Industrial networks“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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.

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

- a) Aktualisierung der Normativen Verweisungen, Begriffe und Abkürzungen;
- b) Begriffe hinzugefügt;
- c) eingegangene Kommentare zum FDIS der 1. Ausgabe und zu damit verbundenen Problemen behoben;
- d) die Begriffe bezüglich Lebenszyklus aus dem vorliegenden Teil 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 Projekts in der IEC SC3D zu dem vorliegenden Dokument abgeglichen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 62657-2: 2016-02

Industrielle Kommunikationsnetze –
Funk-Kommunikationsnetze –
Teil 2: Koexistenz-Management
(IEC 62657-2:2017)

Industrial communication networks –
Wireless communication networks –
Part 2: Coexistence management
(IEC 62657-2:2017)

Réseaux de communication industriels –
Réseaux de communication sans fil –
Partie 2: Gestion de coexistence
(IEC 62657-2:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-06-15 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62657-2:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 65C/861/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe der IEC 62657-2, erarbeitet vom SC 65C „Industrial networks“ des IEC/TC 65 „Industrial-process measurement, control and automation“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62657-2:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-03-15
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-06-15

Dieses Dokument ersetzt EN 62657-2:2015.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62657-2:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 61158 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61158 (alle Teile).
IEC 61360 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61360 (alle Teile).
IEC 61784-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61784-1.
IEC 61784-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61784-2.
IEC 61918	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61918.
IEC 62591	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62591.
IEC 62601	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62601.
IEC 62734	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62734.
IEC 62890	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62890.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Abkürzungen	21
3.3 Vereinbarungen	22
4 Koexistenzkonzept in der industriellen Automatisierung	23
4.1 Überblick	23
4.2 Zweck	24
4.3 Notwendigkeit der Implementierung eines Koexistenzmanagements	27
4.4 Störpotenzial	28
4.5 Randbedingungen	30
4.6 Anforderungen an Funkgeräte für die Unterstützung des Koexistenzmanagements	31
4.7 Konzepte	31
4.7.1 Manuelles Koexistenzmanagement	31
4.7.2 Automatisiertes, nicht-kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement	31
4.7.3 Automatisiertes, kooperatives, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement	32
4.8 Bewährte Verfahren zur Herstellung von Koexistenz	33
4.9 Konzeptionelles Koexistenzmodell	35
4.10 Koexistenzmanagement und Auswahl einer Funklösung	37
4.11 Koexistenzmanagementsystem	39
5 Parameter des Koexistenzmanagements	39
5.1 Allgemeines	39
5.1.1 Definition und Verwendung von Parametern	39
5.1.2 Physikalische Verbindung	39
5.2 Nachbarkanaltrennschärfe	40
5.3 Antennengewinn	40
5.4 Strahlungscharakteristik einer Antenne	40
5.5 Antennentyp	40
5.6 Verfügbarkeit	40
5.7 Bandbreite	41
5.8 Bitrate der physikalischen Verbindung	41
5.9 Mittenfrequenz	41
5.10 Eigenschaften des Betriebsbereichs	41
5.11 Kommunikationslast	41

	Seite
5.12 Grenzfrequenz	43
5.13 Datendurchsatz	44
5.14 Informationen zum Gerätetyp	44
5.15 Abstand zwischen Funkgeräten	44
5.16 Betriebszyklus	45
5.17 Verweilzeit	47
5.18 Äquivalente isotrope Strahlungsleistung	48
5.19 Äquivalente Strahlungsleistung	48
5.20 Frequenzband	48
5.21 Frequenzkanal	48
5.22 Frequenzsprungverfahren	49
5.23 Planung der zukünftigen Erweiterung	49
5.24 Räumliche Ausdehnung der Anlage	49
5.25 Infrastrukturgerät	49
5.26 Initiierung der Datenübertragung	49
5.27 ISM-Anwendung	50
5.28 Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand	50
5.29 Einschränkungen durch Anrainer der Anlage	50
5.30 Maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung	50
5.31 Adaptives Verfahren	50
5.32 Mechanismus der Medienzugriffssteuerung	51
5.33 Modulation	51
5.34 Natürliche Umgebungsbedingung	51
5.35 Netztopologie	51
5.36 Paketverlustrate	52
5.37 Position von Funkgeräten	52
5.38 Spektrale Leistungsdichte	52
5.39 Zweck der Automatisierungsanwendung	53
5.40 Empfängerübersteuerung	53
5.41 Eingangspegel des Empfängers	54
5.42 Empfängerempfindlichkeit	54
5.43 Regionale Funkvorschriften	54
5.44 Relative Bewegung	54
5.45 Antwortzeit	54
5.46 Sicherheitsgrad	55
5.47 Räumliche Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes	55
5.48 Nebenempfang	55
5.49 Gesamte Strahlungsleistung	55
5.50 Sendezeitabstand	56

	Seite
5.51 Übertragungslücke	57
5.52 Übertragungszeit	57
5.53 Ausgangsleistung des Senders	59
5.54 Sendesequenz	60
5.55 Spektralmaske des Senders	61
5.56 Aktualisierungszeit	61
5.57 Funkgerätedichte	62
5.58 Dichte von Funkkommunikationsnetzen	62
5.59 Funktechnologie oder Funknorm	63
6 Informationsstrukturen des Koexistenzmanagements	63
6.1 Allgemeines	63
6.2 Allgemeine Anlageneigenschaften	64
6.3 Kommunikationsanforderungen der Anwendung	65
6.3.1 Überblick	65
6.3.2 Anforderungen, die die Eigenschaften der Funklösungen beeinflussen	65
6.3.3 Leistungsanforderungen	66
6.4 Eigenschaften des Funksystem- und Funkgerätetyps	67
6.4.1 Überblick	67
6.4.2 Funksystemtyp	67
6.4.3 Funkgerätetyp	68
6.5 Eigenschaften von Funklösungen	71
6.5.1 Überblick	71
6.5.2 Eigenschaften einer Funknetzlösung	71
6.5.3 Eigenschaften einer Funkgerätelösung	72
7 Koexistenzmanagementprozess	73
7.1 Allgemeines	73
7.1.1 Überblick	73
7.1.2 Dokumentation	74
7.1.3 Geeignete Dokumentationsmethode	76
7.1.4 Einsatz von Werkzeugen	77
7.2 Einrichtung eines Koexistenzmanagementsystems	77
7.2.1 Ernennung eines Koexistenzmanagers	77
7.2.2 Verantwortungsbereich eines Koexistenzmanagers	78
7.2.3 Unterstützung durch Funkspezialisten	78
7.2.4 Schulung	78
7.3 Pflege des Koexistenzmanagementsystems	79
7.4 Phasen des Koexistenzmanagementprozesses	79
7.4.1 Untersuchungsphase	79
7.4.2 Planungsphase	82

	Seite
7.4.3 Implementierungsphase	84
7.4.4 Betriebsphase.....	85
8 Vorlagen für Koexistenzparameter	87
Literaturhinweise.....	92
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	94
 Bilder	
Bild 1 – Zu berücksichtigende Punkte	26
Bild 2 – Mögliche Anwendungen im Frequenzspektrum	26
Bild 3 – Entwicklung des Aufwands zur Herstellung der Koexistenz nach den Anwendungsklassen	31
Bild 4 – Trennung von Funksystemen nach Frequenz und Zeit.....	34
Bild 5 – Konzeptionelles Koexistenzmodell	36
Bild 6 – Ablaufschema des konzeptionellen Koexistenzmodells	37
Bild 7 – Auswahl eines Funksystems im Koexistenzmanagementprozess	38
Bild 8 – Kommunikationslast bei zwei Funkgeräten	42
Bild 9 – Kommunikationslast bei mehreren Funkgeräten	43
Bild 10 – Aus dem größten Leistungspegel abgeleitete Grenzfrequenzen	44
Bild 11 – Abstand zwischen Funkgeräten	45
Bild 12 – Betriebszyklus.....	46
Bild 13 – Längste Verweilzeit.....	47
Bild 14 – Spektralmaske des Senders eines Systems nach IEEE 802.15.4.....	53
Bild 15 – Kommunikationszyklus, Ereignisintervall der Anwendung und Maschinenzyklus.....	56
Bild 16 – Kleinste Übertragungslücke.....	57
Bild 17 – Beispiel für Dichtefunktionen der Übertragungszeit	58
Bild 18 – Beispiel für Verteilungsfunktionen der Übertragungszeit	59
Bild 19 – Sendesequenz	60
Bild 20 – Spektralmaske des Senders eines Systems nach IEEE 802.15.4.....	61
Bild 21 – Beispiele für Verteilungsfunktionen der Aktualisierungszeit.....	62
Bild 22 – Prinzip für die Anwendung von Koexistenzparametern.....	63
Bild 23 – Parameter zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	64
Bild 24 – Parameter zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	65
Bild 25 – Parameter zur Beschreibung von Funknetz- und Funkgerätetyp.....	67
Bild 26 – Spektrale Leistungsdichte und Spektralmaske des Senders eines DECT-Systems.....	69
Bild 27 – Mediennutzung eines DECT-Systems in Abhängigkeit von Zeit und Frequenz.....	69
Bild 28 – Parameter zur Beschreibung einer Funklösung	71
Bild 29 – Beziehungen der Dokumente in der Spezifikation eines Koexistenzmanagementsystems.....	76
Bild 30 – Planung eines Funksystems im Rahmen des Koexistenzmanagementprozesses	83
Bild 31 – Implementierung und Betrieb eines Funksystems im Rahmen des Koexistenzmanagementprozesses	86

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiel für eine Klassifizierung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	25
Tabelle 2 – Vom Anwendungsprofil abhängige Werte der Beobachtungszeit	46
Tabelle 3 – Parameteroptionen für Frequenzkanal	49
Tabelle 4 – Parameterliste zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	64
Tabelle 5 – Parameterliste zur Beschreibung der Anforderungen, die die Eigenschaften der Funklösungen beeinflussen	66
Tabelle 6 – Parameterliste zur Beschreibung der Leistungsanforderungen	66
Tabelle 7 – Parameterliste zur Beschreibung des Funksystemtyps	68
Tabelle 8 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders eines Funkgerätetyps	70
Tabelle 9 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers eines Funkgerätetyps	70
Tabelle 10 – Parameterliste zur Beschreibung einer Funknetzlösung	71
Tabelle 11 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders einer Funkgerätelösung	72
Tabelle 12 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers einer Funkgerätelösung	73
Tabelle 13 – Vorlage zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften	87
Tabelle 14 – Vorlage zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	88
Tabelle 15 – Vorlage zur Beschreibung eines Funksystemtyps	88
Tabelle 16 – Vorlage zur Beschreibung eines Funkgerätetyps	89
Tabelle 17 – Vorlage zur Beschreibung einer Funknetzlösung	89
Tabelle 18 – Vorlage zur Beschreibung einer Funkgerätelösung	90
Tabelle 19 – Vorlage zur Beschreibung einer ISM-Anwendung	91

Einleitung

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 und Gas, Raffinerie,
- Chemie,
- Pharmazie,
- Bergbau,
- Zellstoff und Papier,
- Wasser und Abwasser,
- Stahl;

Elektroenergie, was z. B. die folgenden Anwendungen umfasst:

- Energieerzeugung (z. B. Windkraftanlagen),
- Energieübertragung und -verteilung (Netz);

Fertigungsautomatisierung, die z. B. die folgenden Branchen umfasst:

- Lebensmittel und Getränke,
- Automobilindustrie,
- Maschinenindustrie,
- Halbleiterherstellung.

Die Anforderungen der industriellen Automatisierung an das Verhalten von Funknetzen unterscheiden sich von denen, die z. B. in der Telekommunikation oder auf den Märkten für kommerzielle Produkte und Unterhaltungselektronik gelten. Diese Anforderungen an die industrielle Automatisierung werden in IEC 62657-1 festgelegt und bereitgestellt.

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

Das vorliegende Dokument 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 Erzeuger industrieller Funklösungen. Sie ist insbesondere auch dafür gedacht, die Kommunikation zwischen Automatisierungstechnikern und Funktechnikern anzuregen.

Viele funkbasierte 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 Instanz 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 [8]²⁾ (WirelessHART^{®3)}), IEC 62601 [9] (WIA-

²⁾ Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

³⁾ 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 IEC dar. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.

PA) und IEC 62734 [10] (ISA100.11a); alle diese Netze benutzen IEEE 802.15.4 [19] für Anwendungen der Prozessautomatisierung. Weitere Beispiele für Funknetze sind in IEC 61784-1 [4] und IEC 61784-2 [5] festgelegte Kommunikationsprofile, die IEEE 802.11 [17] und IEEE 802.15.1 [18] für Fertigungsautomatisierungsanwendungen benutzen. 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.

Die Normenreihe IEC 62657 umfasst zwei Teile:

– *Teil 1: Anforderungen und Überlegungen zur Frequenznutzung*

– *Teil 2: Koexistenzmanagement*

IEC 62657-1 enthält allgemeine Anforderungen an die industrielle Automatisierung und Betrachtungen des Spektrums, die als Grundlage für industrielle Kommunikationslösungen dienen. Das vorliegende Dokument legt das Koexistenz-Management für Funkgeräte fest, um eine vorhersehbare Leistungsfähigkeit sicherzustellen. Es soll die Harmonisierung zukünftiger Anpassungen an internationale, nationale und lokale Vorschriften vereinfachen.

Das vorliegende Dokument 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. Das vorliegende Dokument beschreibt Mechanismen zum Verwalten der möglichen gegenseitigen Störungen, die beim Betrieb mehrerer Funkgeräte innerhalb einer Anlage auftreten können.

Das vorliegende Dokument bietet den Nutzern von Funknetzen einen Leitfaden für die Auswahl und die richtige Anwendung der Funknetze. Es 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.

Das vorliegende Dokument 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

Das vorliegende Dokument:

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 die kritischen Aspekte in jeder Phase des Lebenszyklus des Koexistenzmanagements der Funkkommunikation in einer Automatisierungsanlage besser handhaben 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.

Das vorliegende Dokument leistet einen wesentlichen Beitrag zu nationalen und regionalen Regulierungen. Es befreit Geräte nicht von der Einhaltung der Konformität mit allen Anforderungen nationaler und regionaler Regulierungen.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 62657-1:—⁴⁾, *Industrial communication networks – Wireless communication networks – Wireless communication requirements and spectrum considerations*

IEC 62443 (alle Teile), *Industrial communication networks – Network and system security*

3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

⁴⁾ In Vorbereitung. Phase zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC/RFDIS 62657-1:2017.

3.1.1

Nachbarkanalstörung

Störung, die durch Funkgeräte verursacht wird, die 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] [21]

3.1.5

Strahlungscharakteristik einer Antenne

Veränderung der Feldstärke einer Antenne als Winkelfunktion bezogen auf die Achse

3.1.6

Automatisierungsanwendung

industrielle Automatisierungsanwendung

Anwendung der Mess- und Automatisierungssteuerung im Bereich der industriellen Automatisierung

3.1.7

Datenlänge der Automatisierungsanwendung

Nutzdatenlänge

Anzahl der Oktette, die an der Referenzschnittstelle ausgetauscht werden

3.1.8

Verfügbarkeit <Leistungsfähigkeit>

Fähigkeit eines Betriebsmittels, zu einem gegebenen Zeitpunkt oder während eines gegebenen Zeitintervalls eine geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen erfüllen zu können, vorausgesetzt, dass die erforderlichen äußeren Hilfsmittel bereitgestellt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verfügbarkeit wird durch das Zusammenwirken der Funktionsfähigkeit, der Instandhaltbarkeit und der Instandhaltungsbereitschaft bestimmt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die erforderlichen äußeren Hilfsmittel tragen mit Ausnahme der Instandhaltungsmittel nicht zur Verfügbarkeit bei.

[QUELLE: IEC 60050-191:1990, 191-02-05]

3.1.9

Bandbreite

Differenz zwischen der oberen und der unteren Grenzfrequenz

3.1.10

Zelltopologie

Zellnetztopologie

Netztopologie, 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 ein zentrales Hub. Hubs verschiedener Zellen sind miteinander verbunden.

3.1.11

Mittenfrequenz

geometrisches Mittel der unteren Grenzfrequenz und der oberen Grenzfrequenz eines Frequenzkanals

3.1.12

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.

3.1.13

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 [19] wird „Koexistenz“ als Eigenschaft eines Gerätes definiert.

3.1.14

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

3.1.15

Koexistenzmanagement

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

3.1.16

Planung der Koexistenz

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

3.1.17

Kommunikationslast

Menge an Nutzdaten, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums von der Automatisierungsanwendung zu übertragen ist

3.1.18

Grenzfrequenz

Frequenzgrenze, die der Frequenz am nächsten ist, bei der die spektrale Leistungsdichte unter einen bestimmten Pegel fällt, und die die Frequenzbandbreite definiert

3.1.19

Datendurchsatz

Nutzdatenmenge je Zeitabschnitt, die innerhalb eines Verbrauchers von der Referenzschnittstelle an die Anwendung übergeben wird

3.1.20

Informationen zum Gerätetyp

Name des Herstellers, Kontaktdaten des Herstellers sowie Typ und Version von Hardware und Software

3.1.21

Abstand zwischen Funkgeräten

räumlicher Abstand zwischen Geräten in einem dreidimensionalen Raum

3.1.22

Betriebszyklus

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

3.1.23

Verweilzeit

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

3.1.24

äquivalente isotrope Strahlungsleistung

Produkt aus der in die Antenne eingespeisten Leistung und dem Antennengewinn bezogen auf eine isotrope Antenne in einer vorgegebenen Richtung (absoluter oder isotroper Gewinn)

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations Articles:2012), Article 1 §1.161, modifiziert – Definition neu formatiert nach ISO/IEC-Richtlinien Teil 2]

3.1.25

effektive Strahlungsleistung

Produkt aus in die Antenne eingespeister Leistung und ihrem relativen Gewinn bezogen auf einen Halbwellendipol in einer vorgegebenen Richtung

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations Articles:2012), Article 1 §1.162, modifiziert „(in einer gegebenen Richtung)“ gelöscht und Definition neu formatiert nach ISO/IEC-Richtlinien Teil 2]

3.1.26

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 und sollten nicht willkürlich verwendet werden.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990/AMD1:1997, 161-01-06]

3.1.27

Frequenzband

Bereich im Frequenzspektrum, der durch Regulierungsbehörden bestimmten Anwendungen oder einer Gruppe von Anwendungen zur Nutzung zugeteilt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Internationale Fernmeldeunion (en: International Telecommunication Union (ITU)) als internationale Regulierungsbehörde weist Funkkommunikationsdiensten lediglich einen bestimmten Bereich im Frequenzspektrum zu.

3.1.28

Frequenzkanal

Bereich des Frequenzbandes, der durch eine untere und eine obere Grenzfrequenz oder durch eine Mittenfrequenz und Bandbreite gekennzeichnet ist und der von einem Funkkommunikationssystem in Übereinstimmung mit einer Spezifikation (Norm oder Gerätespezifikation) oder mit einer Regulierungsmaßnahme der zuständigen Regulierungsbehörde genutzt wird

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

3.1.29

Frequenzsprungverfahren

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

3.1.30

Planung der zukünftigen Erweiterung

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

3.1.31

räumliche Ausdehnung der Anlage

Länge, Breite und Höhe des vorgesehenen Raums des Funksystems

3.1.32

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 mit Störungen erweitert wird.

3.1.33

Infrastrukturgerät

Gerät, das für den Aufbau eines Funkkommunikationssystems nach einer Technologie oder Norm benötigt wird, aber keine Schnittstelle zu einer Automatisierungsanwendung aufweist

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

3.1.34

Initiierung der Datenübertragung

Verfahren, das festlegt, wie die Anwendung die Datenübertragung initiiert

3.1.35

Intermodulationsempfindlichkeit

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

3.1.36

Störung

Hochfrequenzstörung

Effekt von ungewollt auftretender Energie, verursacht durch Abstrahlung, Strahlung oder Induktion (einzeln oder in Kombination) beim Empfang in einem Funkkommunikationssystem, der sich in jeglicher Leistungsminderung sowie in der Fehlinterpretation oder dem Verlust von Informationen äußert, die bei Fehlen einer solchen ungewollt auftretenden Energie extrahiert werden könnten

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations, 2004) – Art.1 §1.166]

3.1.37

industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendung

Betrieb von Betriebsmitteln oder Geräten, die für das Generieren und die Verwendung von lokaler Hochfrequenzenergie für industrielle, wissenschaftliche, medizinische, private oder ähnliche Zwecke ausgelegt sind, wobei Anwendungen aus dem Bereich der Telekommunikation ausgenommen sind

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations, 2012) – Art.1 §1.15]

3.1.38

Jitter

erwartetes Auftreten einer Zeitabweichung

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

3.1.39

Nutzdatenlänge je Sendezeitabstand

Anzahl der in einem Sendezeitabstand gesendeten Oktette, abzüglich der Oktette, 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.

3.1.40

Lebenszyklus

Dauer vom Beginn der Entwicklungsphase eines Produkttyps bis zur Produkteinstellung

[QUELLE: IEC 62890:–⁵⁾, 3.1.19]

3.1.41

Einschränkungen durch Anrainer der Anlage

Beschreibung der Anrainer der Anlage, die Einschränkungen für die Funkkommunikation wahrscheinlich hervorrufen.

BEISPIEL Hochleistungs-Funkquelle(n).

3.1.42

lineare Topologie

lineare Netztopologie

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]

3.1.43

untere Grenzfrequenz

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

3.1.44

adaptives Verfahren

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

⁵⁾ In Vorbereitung. Phase zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC/AFDIS 62890:2017.

3.1.45

maximale Anzahl von Wiederholungen der Übertragung

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

3.1.46

adaptives Verfahren

Methode oder Verfahren zur Steigerung der Koexistenzfähigkeit

3.1.47

Mechanismus der Medienzugriffssteuerung

Übertragungsmethode für den Zugriff auf das Medium

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind CSMA, TDMA oder die Kombination aus beiden.

3.1.48

Maschentopologie

Maschennetztopologie

Topologie, 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]

3.1.49

Kennzahlen

Menge quantitativer Indikatoren entsprechend den ausgewählten Merkmalen einer Kommunikationseinrichtung, eines Betriebsmittels oder eines Funkkommunikationssystems

3.1.50

Modulation

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

3.1.51

natürliche Umgebungsbedingung

Bedingung, die das Funkgerät und das Funksystem umgibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind Temperatur, Feuchte oder Luftdruck.

3.1.52

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]

3.1.53

Knoten

Endpunkt eines Abzweiges in einem Netz

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.50]

3.1.54

anderer Frequenznutzer

Nutzer, der Hochfrequenzenergie generiert und für andere Zwecke als die Telekommunikation verwendet

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind Schweißmaschinen, elektrische Antriebe oder Frequenzumrichter.

3.1.55

Außerbandabstrahlung

Abstrahlung auf einer Frequenz oder Frequenzen unmittelbar außerhalb der erforderlichen Bandbreite, die aus dem Modulationsprozess hervorgeht, wobei Nebenabstrahlungen ausgenommen sind

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations, 2012) – Art.1 §1.144]

3.1.56

Paketverlustrate

Verhältnis der Anzahl der Pakete, die von der Anwendung an der Referenzschnittstelle innerhalb des Erzeugers übergeben werden, zur Anzahl der Pakete, die an der Referenzschnittstelle an die Anwendung innerhalb des Verbrauchers übergeben werden

3.1.57

physikalische Verbindung

Verbindung zwischen den Sende-/Empfangseinheiten (physikalischen Endpunkten) zweier Funkgeräte

3.1.58

Anlage

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

3.1.59

Punkt-zu-Punkt-Topologie

Punkt-zu-Punkt-Netztopologie

Topologie, bei der zwei Knoten direkt miteinander verbunden sind

3.1.60

Position eines Funkgerätes

räumliche Position des Gerätes im dreidimensionalen Raum mit absoluten oder relativen Koordinaten

3.1.61

spektrale Leistungsdichte

Verteilung der auf die Bandbreite bezogenen Leistung der Teilschwingungen eines Signals oder Geräuschs mit kontinuierlichem Spektrum und endlicher mittlerer Leistung als Funktion der Frequenz

[QUELLE: IEC 60050-713:1998, 713-09-12]

3.1.62

Zweck der Automatisierungsanwendung

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

3.1.63

Frequenzkanal

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

3.1.64

Funkressource

von mehreren Funkkommunikationslösungen zum Zwecke der Funksignalübertragung benutzte Ressource

3.1.65

Widerstandsfähigkeit der Funkübertragung

Merkmal der Funkkommunikation, die gewünschte Funktion trotz Anwesenheit von anderen aktiven Funkanwendungen, 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 [19] überein.

3.1.66

Referenzschnittstelle

offene Schnittstelle zwischen einer Automatisierungsanwendung und der Funkkommunikationsfunktion

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 Feldbus-Schnittstelle, eine Software-Schnittstelle oder eine serielle, parallele, diskrete oder analoge Schnittstelle sein.

3.1.67

Empfängerübersteuerung

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

3.1.68

Eingangsspiegel des Empfängers

empfangene Signale mit Pegeln über dem höchsten Eingangsspiegel des Empfängers

3.1.69

höchster Eingangsspiegel des Empfängers

höchste Signalleistung, die das System ohne Signalverzerrung verwerten kann

3.1.70

Empfängerempfindlichkeit

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

3.1.71

regionale Funkvorschrift

Festlegung wichtiger Koexistenzparameter wie z. B. Frequenzband und Ausgangsleistung für die regionale Umgebung, in der die Funkanwendung angewendet werden soll

3.1.72

relative Bewegung

Position eines Funkgerätes über die Zeit

3.1.73

Antwortzeit

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

3.1.74

Ringtopologie

Ringnetztopologie

aktives Netz, bei dem jeder Knoten in Reihe mit zwei anderen Knoten verbunden ist

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.63]

3.1.75

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 verbunden sind.

3.1.76

Sicherheitsgrad

Anforderungskategorie für die Netzsicherheit

3.1.77

gemeinsam genutztes Medium

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

Anmerkung 1 zum Begriff: In den ISM-Bändern (en: industrial, scientific and medical (ISM)-bands) werden viele Funkanwendungen genutzt. Aufgrund dieser allgemeinen Nutzung wird der Begriff „gemeinsam genutztes Medium“ in dem vorliegenden Dokument angewendet. Die Frequenzbänder werden von verschiedenartigen ISM- und Funkanwendungen genutzt.

3.1.78

räumliche Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes

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

3.1.79

Nebenabstrahlung

Abstrahlung auf einer Frequenz oder auf Frequenzen, die außerhalb der erforderlichen Bandbreite liegen und deren Pegel reduziert werden kann, ohne die entsprechende Informationsübertragung zu beeinträchtigen, einschließlich Oberwellenabstrahlung, parasitärer Abstrahlung, Intermodulationsprodukten und Produkten von Frequenzumwandlungen, wobei Außerbandabstrahlungen ausgenommen sind

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations, 2012) – Art.1 §1.145]

3.1.80

Nebenempfang

unerwünschte Signale am Empfängerausgang

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

3.1.81

Sterntopologie

Sternnetztopologie

Netz mit einer Topologie, bestehend aus drei oder mehr Geräten, bei dem alle Geräte mit einem zentralen Gerät verbunden sind

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.69, modifiziert – die Information in Klammern „(die aktiv oder passiv sein kann)“ gelöscht]

3.1.82

Telekommunikation

jegliche Übertragung, Aussendung oder Empfang von Zeichen, Signalen, Schreiben, Bildern, Geräuschen oder Informationen jeglicher Art über Kabel, Funk, optische oder sonstige elektromagnetische Systeme

[QUELLE: Vollzugsordnung für den Funkdienst (Radio Regulations, 2012) – Art.1 §1.3]

3.1.83

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]

3.1.84

gesamte Strahlungsleistung

räumliche Leistungsdichte integriert über der Oberfläche des Einflussbereichs

3.1.85

Sendezeitabstand

Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Übertragungen von Nutzdaten von der Automatisierungsanwendung über die Referenzschnittstelle zur Funkkommunikationsfunktion

3.1.86

Übertragungslücke

Lücke zwischen zwei von einem Sender nacheinander genutzten Kanälen

3.1.87

Sendesequenz

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

3.1.88

Ausgangsleistung der Übertragung

gesamte Strahlungsleistung abzüglich der Verluste zwischen dem Senderausgang und der Antenne

3.1.89

Spektralmaske des Senders

Hüllkurve der Maximalwerte der spektralen Leistungsdichte über einen Frequenzbereich

3.1.90

Baumtopologie

Baumnetztopologie

Netztopologie, bei der alle Knoten in einer Kombination aus einer linearen und einer Sterntopologie miteinander verbunden sind

3.1.91

Aktualisierungszeit

Zeitraum 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

3.1.92

obere Grenzfrequenz

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

3.1.93

Funkanwendung

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition schließt Betriebsmittel zur Funckerkennung mit ein.

3.1.94

Funkkommunikation

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

3.1.95

Funkkommunikationsanwendung

Teil einer industriellen Automatisierungsanwendung, die Funkkommunikation verwendet

3.1.96

Funkgerät

Funkautomatisierungsgerät

Betriebsmittel für Funkkommunikationsanwendungen, das Funkwellen für die Funkkommunikation mit anderen Betriebsmitteln für Funkkommunikationsanwendungen nutzt

3.1.97

Funkgerätedichte

Anzahl von Funkgeräten innerhalb der räumlichen Abdeckung des Funkkommunikationsnetzes

3.1.98

Funknetz

Funkkommunikationsnetz

Netz, das aus mindestens zwei Funkgeräten besteht, die eine Funkkommunikation aufgebaut haben

3.1.99

Dichte von Funkkommunikationsnetzen

Verhältnis der Anzahl von Funkkommunikationsnetzen zur räumlichen Ausdehnung der Anlage

3.1.100

Funklösung

Funkkommunikationslösung

bestimmte Implementierung oder Instanz eines Funkkommunikationssystems

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

3.1.101

Funksystem

Funkkommunikationssystem

Menge zusammenhängender Elemente, die eine Funkkommunikation ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Funksystem ist die Abbildung eines Systems auf einer hohen Ebene, während eine Funklösung einen praktischen Fall eines Systems darstellt. Ein Funksystem kann eines oder mehrere Funknetze beinhalten.

3.1.102

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

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

AFH adaptives Frequenzsprungverfahren (en: adaptive frequency hopping)

CEPT	Europäische Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation (fr: Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications)
CP	Kommunikationsprofil nach IEC 61784-2 [5] (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	digitale erweiterte schnurlose Telekommunikation (en: 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	globales System für Mobilfunkkommunikation (global system for mobile communications)
IF	Zwischenfrequenz (en: intermediate frequency)
IP	Internetprotokoll (en: internet protocol)
ISM	industriell, wissenschaftlich und medizinisch (en: industrial, scientific and medical)
IT	Informationstechnik
ITU	Internationale Fernmeldeunion (en: 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	universelles mobiles Telekommunikationssystem (en: 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 Ablaufschemata in den Bildern basieren auf ISO 5807 [12].

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

In der Spalte „Parametername“ sind bestimmte Parameter durch Einrückung 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.

Die Spalte „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

Durch den Einsatz von Funkkommunikation können Industrieprozesse kostengünstiger, flexibler und zuverlässiger implementiert und neue Automatisierungskonzepte angewendet werden. Industrielle Automatisierungsanwendungen stellen in der Regel höhere Anforderungen an Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit der Funkkommunikation als Anwendungen aus dem Heim- und Bürobereich. Industrielle 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 z. B. 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 Leistungsfähigkeit des Systems aus, einschließlich Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit. Das vorliegende Dokument soll helfen, mögliche Risiken aufzudecken und abhängig von den Anforderungen der industriellen Automatisierungsanwendung Maßnahmen zu deren Beherrschung empfehlen. Das vorliegende Dokument 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 Entwicklung, Inbetriebnahme und Betrieb sowie der Instandhaltung berücksichtigt werden. Dieser Prozess ist Gegenstand des vorliegenden Dokuments 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 Funkkommunikationsanwendung ab, die durch die einzelnen Funklösungen ermöglicht wird (beispielsweise Regelung mit strikten Echtzeitanforderungen), der Anzahl und dem Ort 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 Funkkommunikationsanwendungen 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 das Koexistenzmanagement kontextabhängig und in 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.

4.2 Zweck

Das vorliegende Dokument fokussiert sich auf Maßnahmen zur Herstellung der Koexistenz von Funksystemen für Mess- und Automatisierungsanwendungen. Diese industriellen Automatisierungsanwendungen 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 – Beispiel für eine Klassifizierung der 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 das Koexistenzmanagement muss eingesetzt werden, um alle Anforderungen des vorliegenden Dokuments 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. Das Koexistenzmanagement muss eingesetzt werden, um die meisten Anforderungen des vorliegenden Dokuments zu erfüllen.
Überwachung	Prozessvisualisierung und -alarmierung	Für das Kommunikationsprotokoll sind keine spezifischen Erweiterungen erforderlich. Typische Überwachungsanwendungen können durch eine Menge gelockerter Anforderungen zufriedengestellt werden. Das Koexistenzmanagement muss eingesetzt werden, um diese Minimalanforderungen zu erfüllen.
ANMERKUNG Die jeweiligen Bezeichnungen „meisten“ und „Minimal-“ basieren auf der graphischen Beschreibung in Bild 3.		

Die Klassifizierung der Automatisierungsanwendungen in Tabelle 1 bezieht sich auf die funktionalen Anforderungen der Prozessindustrie. Diese Klassifizierung kann auch für andere Anwendungsbereiche angepasst werden.

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 des vorliegenden Dokuments behandelt werden.

Die Anwendbarkeit des vorliegenden Dokuments 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 z. B. 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 EMI-Einflüsse, siehe Bild 1). Zu berücksichtigende Störquellen werden im Einzelnen in 4.4 behandelt.

ANMERKUNG 2 Die Analyse der elektromagnetischen Störungen gehört nicht zum Anwendungsbereich des vorliegenden Dokuments, sie wurde aber berücksichtigt.

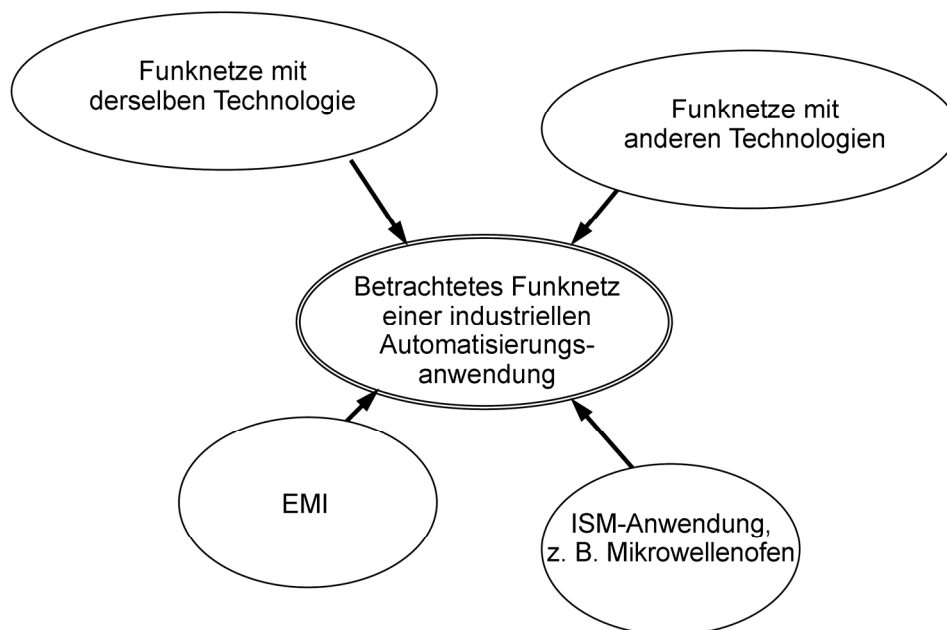


Bild 1 – Zu berücksichtigende Punkte

In Bild 2 wird die Beziehung zwischen einer industriellen Automatisierungsanwendung, einer Funkkommunikationsanwendung, einer elektromagnetischen Störung (en: EMI), einer ISM-Anwendung und einer nicht industriellen Funkanwendung dargestellt. „Funkanwendung“ wird als allgemeiner Begriff für Funkkommunikationsanwendung, ISM-Anwendung und nicht industrielle Funkanwendung verwendet (in Bild 2 grau dargestellt). Funkkommunikationsanwendungen sind Teil einer Automatisierungsanwendung. Auch andere Teile von Automatisierungsanwendungen nutzen möglicherweise das ISM-Spektrum, z. B. zum Schweißen. Zudem senden Betriebsmittel von industriellen Automatisierungsanwendungen möglicherweise elektromagnetische Störungen aus. Des Weiteren nutzen möglicherweise auch nicht industrielle Funkanwendungen wie Smartphones oder Laptops das Spektrum in einer industriellen Umgebung.

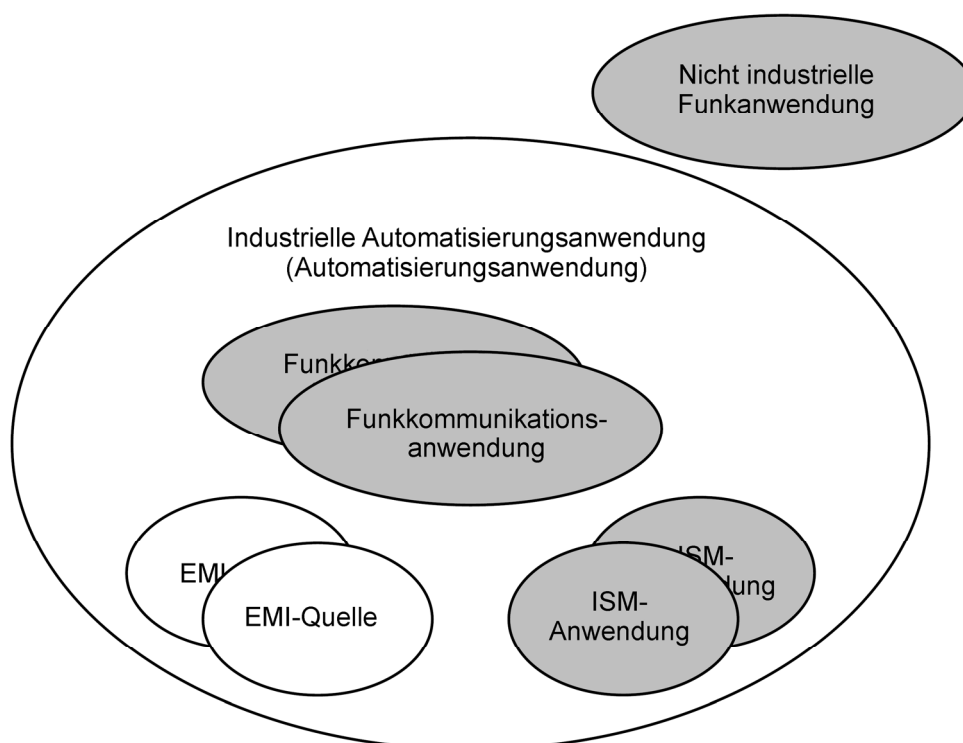


Bild 2 – Mögliche Anwendungen im Frequenzspektrum

Das vorliegende Dokument 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.

Es wird vorausgesetzt, dass ein Funksystem in Abwesenheit von Störeinflüssen den Anforderungen der Funkautomatisierungsanwendung prinzipiell entspricht und dass insbesondere die Grenzwerte für das Zeit- und Fehlverhalten durch Planung der Kommunikationsanforderungen berücksichtigt werden.

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

4.3 Notwendigkeit der Implementierung 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 industriellen Umgebungen anzutreffen sind:

- Funksensoren und -aktoren;
- WLAN-Zugangspunkte und -Clients;
- mobile Eingabegeräte;
- RFID-Geräte und RFID-Leser.

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

- Hochfrequenz-Prozessheizungen;
- Kunststoffschweißmaschinen;
- Plasmalampen;
- allgemeine Schweißmaschinen;
- sonstige Geräte.

Es besteht eine hohe Störgefahr, 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, wird ein unternehmensweiter Prozess zur Verwaltung von Funkanwendungen für alle Beteiligten dringend empfohlen, und wenn dieser Empfehlung Folge geleistet wird, muss der Prozess in Übereinstimmung mit dem vorliegenden Dokument implementiert 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:

- Funkkommunikationsanwendungen mit hohem Datendurchsatz, aber geringen Echtzeitanforderungen: Das Koexistenzmanagement konzentriert sich auf die Bereitstellung einer ausreichend großen Bandbreite.
- Funkkommunikationsanwendungen ohne besondere Anforderungen an Leistung und Echtzeit: Das Koexistenzmanagement stellt eine ausreichende räumliche Abdeckung sicher.
- Funkkommunikationsanwendungen mit strengen Echtzeitanforderungen: Das Koexistenzmanagement stellt sicher, dass keine Funktionsprobleme durch den Einfluss anderer Funkanwendungen entstehen (Anwendungsklassen „Funktionale Sicherheit“ oder „Steuerung und Regelung“).