

DIN EN 62657-2

ICS 35.110

Einsprüche bis 2012-12-22

Entwurf**Industrielle Kommunikationsnetze –
Funkgestützte Kommunikationsnetze –
Teil 2: Koexistenz
(IEC 65C/676/CD:2011)**

Industrial communication networks –
Wireless communication networks –
Part 2: Coexistence management
(IEC 65C/676/CD:2011)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-10-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: 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 73 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Abkürzungen	13
3.3 Vereinbarungen	14
4 Koexistenzbegriff in der Automatisierungstechnik	15
4.1 Überblick	15
4.2 Zweck	16
4.3 Notwendigkeit der Einführung eines Koexistenzmanagements	18
4.4 Störpotenzial	20
4.5 Randbedingungen	22
4.6 Bewährte Verfahren zur Herstellung von Koexistenz	23
4.7 Konzeptionelles Koexistenzmodell	25
4.8 Koexistenzmanagement und Auswahl einer funkgestützten Kommunikationslösung	26
4.9 Koexistenzmanagementsystem	27
5 Parameter des Koexistenzmanagements	28
5.1 Allgemeines	28
5.2 Erläuterung der Koexistenzparameter	28
6 Informationsstrukturen des Koexistenzmanagements	46
6.1 Allgemeines	46
6.2 Allgemeine Eigenschaften der Anlage	47
6.3 Kommunikationsanforderungen der Anwendung	48
6.4 Eigenschaften der Typen von funkgestützten Kommunikationssystemen und Geräten	50
6.5 Eigenschaften von funkgestützten Kommunikationslösungen	53
7 Koexistenzmanagementprozess	55
7.1 Allgemeines	55
7.2 Einführung eines Koexistenzmanagementsystems	56
7.3 Pflege von Koexistenzmanagementsystemen	58
7.4 Phasen	58
8 Vorlagen für Koexistenzparameter	65
Literaturhinweise	72
Bilder	
Bild 1 – Betrachtungsraum	18
Bild 2 – Beispiele für funkgestützte Betriebsmittel in industriellen Umgebungen	19
Bild 3 – Entwicklung des Aufwands zur Herstellung der Koexistenz gemäß den Anwendungsklassen	23
Bild 4 – Trennung von funkgestützten Kommunikationssystemen nach Frequenz und Zeit	24

	Seite
Bild 5 – Konzeptionelles Koexistenzmodell.....	26
Bild 6 – Auswahl eines funkgestützten Kommunikationssystems und Koexistenzmanagementprozess.....	27
Bild 7 – Kommunikationslast bei zwei funkgestützten Geräten.....	29
Bild 8 – Kommunikationslast bei mehreren funkgestützten Geräten	30
Bild 9 – Aus dem größten Leistungspegel abgeleitete Grenzfrequenzen	31
Bild 10 – Tastverhältnis	31
Bild 11 – Längste Verweilzeit	34
Bild 12 – Längste Sendesequenz.....	35
Bild 14 – Spektrale Leistungsdichte eines Systems nach IEEE 802.15.4	37
Bild 15 – Kürzeste Übertragungslücke	41
Bild 16 – Kommunikationszyklus, Übertragungsintervall und Produktionszyklus	42
Bild 17 – Beispiele für Dichtefunktionen der Übertragungszeit.....	43
Bild 18 – Beispiele für Verteilungsfunktionen der Übertragungszeit	43
Bild 19 – Spektralmaske des Senders eines Systems nach IEEE 802.15.4.....	44
Bild 20 – Beispiel für Verteilungsfunktionen der Aktualisierungszeit.....	45
Bild 21 – Grundsätze für die Anwendung von Koexistenzparametern.....	47
Bild 22 – Parameter zur Beschreibung der allgemeinen Eigenschaften der Anlage	47
Bild 23 – Parameter zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung.....	49
Bild 24 – Parameter zur Beschreibung von Netz- und Gerätetyp	50
Bild 25 – Spektrale Leistungsdichte und Spektralmaske des Senders eines DECT-Systems	52
Bild 26 – Medienauslastung eines DECT-Systems in Abhängigkeit von der Zeit.....	52
Bild 27 – Parameter zur Beschreibung von Netz- und Gerätetyp	54
Bild 28 – Planung eines funkgestützten Kommunikationssystems im Koexistenzmanagementprozess.....	62
Bild 29 – Planung eines funkgestützten Kommunikationssystems im Koexistenzmanagementprozess.....	65

Tabellen

Tabelle 1 – Kommunikationsanforderungen und Profile der Anwendung.....	17
Tabelle 2 – Vom Anwendungsprofil abhängige Werte der Beobachtungszeit.....	32
Tabelle 3 – Parameterliste zur Beschreibung der allgemeinen Eigenschaften der Anlage	48
Tabelle 4 – Parameterliste zur Beschreibung der Anforderungen, die die Eigenschaften funkgestützter Lösungen beeinflussen	49
Tabelle 5 – Parameterliste zur Beschreibung der Leistungsanforderungen	50
Tabelle 6 – Parameterliste zur Beschreibung des Typs des funkgestützten Kommunikationssystems	51
Tabelle 7 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders eines funkgestützten Gerätetyps	53
Tabelle 8 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers eines funkgestützten Gerätetyps	53
Tabelle 9 – Parameterliste zur Beschreibung der funkgestützten Netzlösung	54
Tabelle 10 – Parameterliste zur Beschreibung des Senders einer funkgestützten Gerätelösung.....	55
Tabelle 11 – Parameterliste zur Beschreibung des Empfängers einer funkgestützten Gerätelösung.....	55
Tabelle 12 – Vorlage zur Beschreibung der allgemeinen Anlageneigenschaften.....	66

	Seite
Tabelle 13 – Vorlage zur Beschreibung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung	67
Tabelle 14 – Vorlage zur Beschreibung des Typs des funkgestützten Kommunikationssystems	68
Tabelle 15 – Vorlage zur Beschreibung des Typs des funkgestützten Geräts	69
Tabelle 16 – Vorlage zur Beschreibung der funkgestützten Netzlösung.....	70
Tabelle 17 – Vorlage zur Beschreibung der funkgestützten Gerätelösung	71

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 65C/676/CD:2011 „Industrial communication networks – Wireless communication networks – Part 2: Coexistence management“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine autorisierte deutsche Übersetzung.

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

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

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

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

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen 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.

Industrielle Kommunikationsnetze – Funkgestützte Kommunikationsnetze – Teil 2: Koexistenz

Einleitung

Auf dem Markt besteht Bedarf an verschiedenen Netzlösungen jeweils mit anderen Leistungskennwerten und Funktionsfähigkeiten, die verschiedenartige Anwendungsanforderungen erfüllen müssen. Automatisierungstechnische Anwendungen, die in verschiedenen industriellen Bereichen eingesetzt werden wie Prozessautomatisierung, Fertigungsautomatisierung, Wasser-/Abwasseraufbereitung und bis hin zur Energieerzeugung und Anwendungen der Energieverteilung erfordern ein unterschiedliches Verhalten funkgestützter Netze wie z. B. in der Telekommunikation oder für kommerzielle Produkte wie Fernbedingungen oder Spielwaren. Diese Anforderungen werden in der zukünftigen Norm IEC/TR 62657-1 festgelegt.

In Industriebetrieben müssen viele verschiedene funkgestützte Kommunikationsnetze zusammenarbeiten wie Netze nach IEC 62591 [9] (WirelessHART®¹), IEC 62601 [10] (WIA-PA) und IEC/PAS 62734 [12]³ (ISA100.11a), die alle nach IEEE 802.15.4 für Prozessanwendungen arbeiten, und Kommunikationsprofile nach IEC 61784-1 [5] und IEC 61784-2 [6], die nach IEEE 802.11 [13] und IEEE 802.15.1 [14] für Fertigungsautomatisierungsanwendungen arbeiten. Im Gegensatz zu drahtgebundenen Feldbussen können sich funkgestützte Kommunikationsschnittstellen innerhalb derselben Gebäude oder in derselben Umgebung gegenseitig stören. Aus diesem Grund ist das Betreiben mehrerer funkgestützter Kommunikationsnetze in derselben Einrichtung oder Umgebung ohne eine vorhersehbare Gewissheit von Koexistenz nicht zulässig.

Die Normenreihe IEC 62657 besteht aus zwei Teilen:

- Teil 1: Anforderungen an die funkgestützte Kommunikation und Betrachtungen des Spektrums;
- Teil 2: Koexistenzmanagement.

Zusätzlich zu Teil 2 dieser Normenreihe IEC 62657, die das Koexistenzmanagement mit einer vorhersehbaren Gewissheit von Koexistenz festlegt, enthält die zukünftige Norm IEC/TR 62657-1 [11] eine Liste von begründeten Anforderungen an die Automatisierungstechnik zur Unterstützung von Organisationen und Regulierungsbehörden bei der Ausnutzung der Möglichkeiten mit der Begründung eines zusätzlichen zweckbestimmten und weltweit eindeutigen Spektrums und von dessen genormten Einsatz. Die Harmonisierung zukünftiger Berichtungen mit internationalen, nationalen und lokalen Vorschriften ist vorgesehen.

Der vorliegende Teil von IEC 62657 bietet den Nutzern funkgestützter Kommunikationsnetze einen Leitfaden für die Auswahl und die richtige Anwendung funkgestützter Kommunikationsnetze. Sie unterstützt außerdem Lieferanten bei der Beschreibung des Verhaltens funkgestützter Geräte für den Aufbau von an die Anwendungsanforderungen angepassten funkgestützten Netzen, damit diese geeignete funkgestützte Geräte auf dem Markt anbieten können.

Die vorliegende Spezifikation beruht auf Analysen einer Anzahl internationaler Normen, die auf bestimmte Technologien ausgerichtet sind. Das Ziel dieser Norm ist nicht die Einführung neuer Parameter, sondern die Nutzung bereits definierter Parameter unabhängig von einer Technologie.

¹ WirelessHART ist das eingetragene Warenzeichen der HART Communication Foundation. Der Leser sei darauf hingewiesen, dass diese Information keine Empfehlung für das bezeichnete Produkt durch die IEC ist. Wenn sie zu den gleichen Ergebnissen führen, dürfen gleichwertige Produkte angewendet werden.

² Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

³ Liegt zur Veröffentlichung vor.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62657 legt die grundlegenden Voraussetzungen, Begriffe, Parameter und Verfahren für die Koexistenz funkgestützter Kommunikationslösungen fest.

Die vorliegende internationale Norm enthält Leitfäden, Anforderungen und bewährte Methoden für die Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit der funkgestützten Kommunikation über den Lebenszyklus von deren Koexistenz zur Unterstützung aller Verantwortlichen bei der Beherrschung der kritischen Aspekte in jeder Phase des Koexistenzmanagements der funkgestützten Kommunikation in einer Automatisierungsanlage.

Darüber hinaus liefert diese Spezifikation einen gemeinsamen Bezugspunkt für die Koexistenz der funkgestützten Kommunikation an Standorten der Automatisierungstechnik als einheitliche Leitlinie zur Unterstützung der Anwender bei der Bewertung und Einschätzung ihres Aufwands in der Anlage. Zu den Faktoren des Lebenszyklus gehören Planung, Entwicklung, Installation, Einführung, Betrieb, Instandhaltung, Verwaltung und Schulung.

Diese Spezifikation behandelt die operativen Aspekte der Koexistenz der funkgestützten Kommunikation in Bezug auf die statische Mensch-Werkzeug-Organisation sowie die dynamische Netzwerk-Selbstorganisation.

Sie legt die Parameter der Koexistenz fest und wie diese in einer Anwendung eingesetzt werden, die eine funkgestützte Koexistenz erfordert.

ANMERKUNG Messverfahren der Parameter können das Thema einer späteren Ausgabe sein.

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 61804-3, *Function blocks (FB) for process control – Part 3: Electronic Device Description Language (EDDL)*

IEEE 802.15.4, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*

3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung des vorliegenden Dokuments gelten die folgenden Begriffe und Definitionen.

3.1.1

Nachbarkanalstörung

(en: **adjanced channel interference**)

Störung, die auftritt, wenn zwei oder mehr funkgestützte Anwendungen benachbarte Frequenzkanäle benutzen

3.1.2

Nachbarkanaltrennschärfe

(en: **adjanced channel selectivity**)

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

3.1.3**Antenne****(en: antenna)**

Konstruktion oder Einrichtung zum Empfangen oder Ausstrahlen elektromagnetischer Wellen

3.1.4**Antennengewinn****(en: antenna gain)**

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, modifiziert] [17]

3.1.5**Strahlungscharakteristik einer Antenne****(en: antenna radiation pattern)**

Veränderung der Feldstärke einer Antenne als Winkelfunktion bezogen auf die Achse

3.1.6**Datenlänge der automatisierungstechnischen Anwendung****(en: automation application data length)**

Anzahl der Bytes, die an der Kommunikationsschnittstelle ausgetauscht werden

3.1.7**automatisierungstechnische Anwendung****(en: automation application)**

Anwendung der Mess- und Automatisierungstechnik in den Automatisierungsbranchen

3.1.8**Bandbreite****(en: bandwidth)**

Differenz zwischen der oberen und der unteren Grenzfrequenz

3.1.9**Mittenfrequenz****(en: centre frequency)**

geometrisches Mittel der unteren Grenzfrequenz und der oberen Grenzfrequenz eines Funkkanals

3.1.10**Medienbelegung****(en: channel occupation)**

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 Quittung.

3.1.11**Gleichkanal****(en: co-channel)**

bezieht sich auf die Aussendungen und Übertragungen im gleichen Frequenzkanal

[QUELLE: IEC 60050-713:1998, 713-06-23, modifiziert] [2]

3.1.12**Koexistenz****(en: coexistence)**

Koexistenz der funkgestützten Kommunikation

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

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Diese Definition stimmt mit der Definition der Koexistenz in IEEE 802.15.2-2003 [15] überein.

3.1.13

Bewertung der Koexistenz

(en: **coexistence assessment**)

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

[QUELLE: abgeleitet aus IEC 62278] [8]

3.1.14

Planung der Koexistenz

(en: **coexistence planning**)

Prozess der Beschreibung der Zuweisung von Funkressourcen (wie Zeit, Frequenzen, Übertragungsleistung, Raum usw.) zu jedem funkgestützten Kommunikationssystem mit dem Ziel der Herstellung von Koexistenz

3.1.15

Koexistenzmanagement

(en: **coexistence management**)

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

3.1.16

Kommunikationsschnittstelle

(en: **communication interface**)

offene Schnittstelle zwischen einer automatisierungstechnischen Anwendung und der funkgestützten Komponente

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Es gibt keine einheitlich definierte Schnittstelle für die Mess- und Automatisierungstechnik. Es kann sich um eine serielle oder parallele Hardwareschnittstelle, um eine Feldbusschnittstelle, um eine Software-schnittstelle oder um eine serielle, parallele, digitale und analoge Schnittstelle handeln.

3.1.17

Kommunikationslast

(en: **communication load**)

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

3.1.18

Tastverhältnis

(en: **duty cycle**)

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

3.1.19

Verweilzeit

(en: **dwell time**)

Zeitraum bei einer bestimmten Frequenz während jedes einzelnen Frequenzwechsels eines Frequenzsprungsystems

3.1.20

effektive Strahlungsleistung

(en: **effective radiated power**)

Produkt aus der in eine Antenne eingespeisten Leistung und dem Antennengewinn

3.1.21

Frequenzband

(en: **frequency band**)

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

3.1.22**Frequenzkanal****(en: frequency channel)**

Teil eines Frequenzbands, der gemäß einer Spezifikation (Norm oder Gerätespezifikation) von einem funkgestützten Kommunikationssystem genutzt wird

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

3.1.23**Störfestigkeit****(en: immunity)**

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 der Einheit um die Belastbarkeit durch Störungen erweitert wird.

3.1.24**Intermodulationsempfindlichkeit****(en: intermodulation sensivity)**

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

3.1.25**Jitter****(en: jitter)**

erwartetes Auftreten einer Zeitabweichung

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

3.1.26**untere Grenzfrequenz****(en: lower cut-off-frequency)**

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

3.1.27**Anpassungsmechanismen****(en: mechanisms for adaptivity)**

Maßnahmen zur Änderung eines oder mehrerer Betriebsparameter des Systems zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit des Systems gegen Störungen und zur Verringerung der Medienauslastung

3.1.28**Kennzahlen****(en: metrics)**

Menge quantitativer Kennzeichen gemäß der ausgewählten Merkmale einer Kommunikationseinrichtung, eines Betriebsmittels oder eines funkgestützten Kommunikationssystems

3.1.29**Anlage****(en: plant)**

bezieht sich auf die betrachtete Einrichtung einschließlich ihres physikalischen Betriebsbereichs, Personals, der Betriebsmittel und aller weiteren Inhalte

3.1.30**spektrale Leistungsdichte****(en: power spectral density)**

Signalleistung in der festgelegten Bandbreite

3.1.31

Funkkanal

(en: radio channel)

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

3.1.32

(Funk-)Ressource

(en: (radio-) resource)

von mehreren funkgestützten Kommunikationslösungen benutzte Mittel für Zwecke der Funksignalübertragung

3.1.33

Widerstandsfähigkeit der Funkübertragung

(en: radio robustness)

Merkmal der funkgestützten Kommunikation, das sich auf die Erfüllung der bezeichneten Funktion trotz vorhandener anderer aktiver funkgestützter Kommunikationsanwendungen bezieht, die den Ausstrahlungsbereich stören

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Dieser Begriff hat die gleiche Bedeutung wie der Begriff der Koexistenz in IEEE 802.15.2-2003, 3.1.2 [15].

3.1.34

Empfangssperre

(en: receiver blocking)

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

3.1.35

höchster Eingangspegel des Empfängers

(en: receiver maximum input level)

höchste Signalleistung, die das System ohne Signalverzerrung verwerten kann

3.1.36

Empfängerempfindlichkeit

(en: receiver sensitivity)

kleinste Signalleistung für den Empfang von Daten mit einer festgelegten Bitfehlerrate

3.1.37

Widerstandsfähigkeit

(en: robustness)

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.

3.1.38

Nebenempfang

(en: spurious response)

Ausgangssignal des Empfängers aufgrund unerwünschter Signale (z. B. mit anderen Frequenzen als denen des abgestimmten Frequenzkanals)

3.1.39

Widerstandsfähigkeit der Funkübertragung

(en: radio robustness)

Merkmal der funkgestützten Kommunikation, das sich auf die Erfüllung der bezeichneten Funktion trotz vorhandener anderer aktiver funkgestützter Kommunikationsanwendungen bezieht, die den Ausstrahlungsbereich stören

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Diese Definition stimmt mit der Definition der Koexistenz in IEEE 802.15.2 überein [15].

3.1.40

gemeinsam genutztes Medium

(en: **shared medium**)

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

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

3.1.41

Übertragungsintervall

(en: **transfer interval**)

Zeitdifferenz zwischen aufeinander folgenden Übertragungen von Nutzdaten von der automatisierungstechnischen Anwendung über die Kommunikationsschnittstelle zum Kommunikationsmodul

3.1.42

funkgestützte Anwendung

(en: **wireless application**)

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

3.1.43

funkgestützte Kommunikation

(en: **wireless communication**)

Kommunikation, bei der die Übertragung von Informationen drahtlos oder ohne Lichtwellenleiter durch elektromagnetische Strahlung erfolgt

[QUELLE: IEC 60050-732:2010, 732-01-05, modifiziert] [3]

3.1.44

funkgestützte Kommunikationslösung

(en: **wireless communication solution**)

bestimmte Implementierung oder Instanz eines funkgestützten Kommunikationssystems

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Eine funkgestützte Kommunikationslösung darf aus Produkten eines Herstellers oder mehrerer Hersteller bestehen.

3.1.45

funkgestütztes Netz

(en: **wireless network**)

funkgestützte Kommunikationslösung bestehend aus mindestens zwei funkgestützten Geräten

3.1.46

funkgestütztes Kommunikationssystem

(en: **wireless communication system**)

Menge zusammenhängender Elemente, die eine funkgestützte Kommunikation ermöglichen

ANMERKUNG 1 zum Begriff: Ein funkgestütztes Kommunikationssystem ist eine Darstellung eines Systems auf einer hohen Ebene, während eine funkgestützte Kommunikationslösung einen praktischen Fall eines Systems darstellt.

3.1.47

gesamte Strahlungsleistung

(en: **total radiated power**)

räumliche Leistungsdichte integriert über der Oberfläche des Einflussbereichs

3.1.48

Übertragungslücke

(en: **transmission gap**)

Lücke zwischen zwei von einem Sender nacheinander genutzten Kanälen

3.1.49

Dauer der Sendesequenz

(en: **transmission sequence duration**)

Dauer, für die ein Sender das Spektrum zur Datenübertragung mit einer spezifischen Sequenz nutzt

3.1.50

Spektralmaske des Senders

(en: **transmitter spectral mask**)

höchster Grenzwert der spektralen Leistungsdichte über einem Frequenzbereich

3.1.51

obere Grenzfrequenz

(en: **upper cut-off frequency**)

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

3.2 Abkürzungen

AFH	Adaptive Frequency Hopping spread spectrum adaptives Frequenzwechsel-Spreizspektrum
BOS	funkgestützte Kommunikationssysteme für Behörden und öffentliche Organisationen mit Sicherheitsfunktionen
CEPT	Europäische Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation
CP	Communication Profile Kommunikationsprofil nach IEC 61784-2 [6]
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DAA	Detect and Avoid Feststellung und Vermeidung bereits benutzter Frequenzen
DAR	Detect and Reduce Feststellung und Minderung von Störungen
DAS	Detect and Suppress Feststellung und Unterdrückung von Störungen
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EDDL	Electronic Device Description Language formale Sprache zur Beschreibung der Bedienung und Parametrierung von Geräten der Prozess- und Fertigungsautomatisierung
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power äquivalente isotrope Strahlungsleistung
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit
ERO	Electronic Communications Committee des CEPT
ERP	Effective Radiated Power effektive Strahlungsleistung
FB	Function blocks Funktionsblöcke
GSM	Global System for Mobile Communications
IP	Internet protocol Internetprotokoll

ISM	Industrial, Scientific and Medical industriell, wissenschaftlich und medizinisch
IT	Information Technology Informationstechnik
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local area network lokales Netz
LOS	Line of Sight Sichtverbindung
MAC	Medium Access Control Medienzugriffssteuerung
NLOS	None Line of Sight ohne Sichtverbindung
OLOS	Obstructed Line of Sight blockierte Sichtverbindung
PCB	Printed Circuit Board Leiterplatte
PHY	Physical Layer Bitübertragungsschicht
PLR	Packet Loss Rate Paketverlustrate
PSD	Power Spectral Density spektrale Leistungsdichte
RegTP	Regulatory Authority for Telecommunications and Posts
RFID	Radio Frequency Identification
SIR	Signal-to-interference ratio Störabstand
TDMA	Time Division Multiple Access Mehrfachzugriffsverfahren auf Zeitmultiplexbasis
TRP	Total Radiated Power gesamte Strahlungsleistung
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WLAN	Wireless Local Area Network funkgestütztes lokales Netz
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie in Deutschland

3.3 Vereinbarungen

Für die Parametervorlagen 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, wahlfrei 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“ angegeben werden.

4 Koexistenzbegriff in der Automatisierungstechnik

4.1 Überblick

Funkgestützte Kommunikation in der Automatisierungstechnik trägt dazu bei, Fertigungsprozesse kostengünstiger, flexibler und zuverlässiger zu gestalten, und ermöglicht die Umsetzung neuer Automatisierungskonzepte. Automatisierungstechnische Anwendungen stellen aber in der Regel höhere Anforderungen an Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit der funkgestützten Kommunikation als Anwendungen aus dem Heim- und Bürobereich.

Aufgrund dieser Anforderungen werden verschiedenste funkgestützte Kommunikationssysteme eingesetzt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass an einem Ort mehrere funkgestützte Kommunikationssysteme gleichzeitig betrieben werden. Da diese funkgestützten Kommunikationssysteme ein gemeinsames Medium nutzen, ist im Lauf des Lebenszyklus mit einer gegenseitigen Beeinflussung der Systeme zu rechnen. Diese wirkt sich auf die Zuverlässigkeit und die Echtzeitfähigkeit aus. Die vorliegende Spezifikation soll helfen, die möglichen Risiken aufzudecken und abhängig von den Anforderungen der automatisierungstechnischen Anwendung Maßnahmen zu deren Beherrschung empfehlen.

Diese Spezifikation wendet sich an Planer und Verantwortliche für Fertigungs- und Prozessanlagen, an Systemintegratoren und Maschinenbauer, die funkgestützte Kommunikationslösungen in Maschinen und Anlagen einbauen und in Betrieb setzen müssen, sowie an Hersteller industrieller funkgestützter Kommunikationslösungen. Sie ist insbesondere auch dafür gedacht, die Kommunikation zwischen Automatisierungstechnikern und Funktechnikern anzuregen.

Mit der vorliegenden Spezifikation soll aber auch dargestellt werden, dass bei richtigem Vorgehen in den meisten Fällen bei Berücksichtigung der jeweiligen Anforderungen die Koexistenz mehrerer funkgestützter Kommunikationssysteme und zugleich ein effizienter Umgang mit dem Frequenzspektrum als endliche Ressource möglich sind. Um das zu erreichen, ist ein Prozess erforderlich, in dem alle Aspekte der Koexistenz funkgestützter Kommunikationssysteme während der Entwicklung, Inbetriebnahme und im Betrieb sowie bei der Instandhaltung berücksichtigt werden. Dieser Prozess ist Gegenstand dieser Spezifikation und wird als Koexistenzmanagement funkgestützter Kommunikationslösungen 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 funkgestützten Kommunikation für die Anlage kann dieser Prozess mehr oder weniger aufwendig gestaltet werden. Hierbei sind die Anforderungen an die eingesetzten funkgestützten Kommunikationssysteme ausschlaggebend. Werden an das funkgestützte Kommunikationssystem keine oder nur geringe Anforderungen gestellt, so ist für die Koexistenz von funkgestützten Kommunikationslösungen ein geringerer Aufwand erforderlich als für ein funkgestütztes Kommunikationssystem, das z. B. Teil einer Steuerungsanwendung mit hohen Echtzeitanforderungen ist. Es wird jedoch dringend empfohlen, in Betracht zu ziehen, dass später weitere funkgestützte Kommunikationssysteme zum Einsatz kommen können oder dass sich die Anforderungen an das bestehende funkgestützte Kommunikationssystem (z. B. durch zusätzliche Anwendungen) in Zukunft ändern können. Letztlich liegt es in der Verantwortung des Lesers zu entscheiden, inwieweit der erforderliche Aufwand zur Durchführung der Maßnahmen für die Herstellung von Koexistenz den Anforderungen an das funkgestützte Kommunikationssystem bzw. der Bedeutung des funkgestützten Kommunikationssystems innerhalb seiner Anlage entspricht.

Der Zustand, in dem Koexistenz besteht, ist dadurch bestimmt, dass Grenzwerte relevanter Parameter für alle im betrachteten Bereich vorhandenen funkgestützten Anwendungen eingehalten werden. Dieser Zustand ist durch geeignete Maßnahmen bei der Planung und im Betrieb sicherzustellen. Das macht deutlich, dass Koexistenz kein statisches Merkmal einer funkgestützten Kommunikationslösung 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 funkgestützte Kommunikation abläuft. Das heißt auch, dass es nicht sinnvoll ist, die Koexistenz losgelöst von einer Automatisierungsanwendung bewerten oder sicherstellen zu wollen.

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

Es gibt drei mögliche Organisationsebenen zur Lenkung von Koexistenz, wobei die niedrigste Ebene die am wenigsten effiziente Ebene ist:

- manuelles Koexistenzmanagement (niedrigste Ebene);
- automatisiertes, dezentrales, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement;
- automatisiertes, zentrales, auf Kennzahlen basierendes Koexistenzmanagement (höchste Ebene).

Bei der manuellen Organisation erfolgt durch den Koexistenzmanager (siehe 7.2.1) eine feststehende Planung der funkgestützten Kommunikationslösungen mit dem Ziel, Überlagerungen der Übertragung zu verhindern. Der Manager muss manuelle Maßnahmen für die Reaktion auf Abweichungen realisieren, die den Zustand der funkgestützten Koexistenz verändern. Das ist die einfachste Organisationsform, insbesondere wenn mehrere funkgestützte Lösungen unterschiedlicher Technologien und von mehreren Anbietern beteiligt oder mehrere Frequenzbänder zu handhaben sind.

Die Fähigkeiten des manuellen Koexistenzmanagements verringern sich jedoch, wenn bestimmte Parameter des Koexistenzmanagements nicht konfiguriert werden können.

Automatisierte und bedienerfreie Verfahren und deren zugrunde liegenden Algorithmen werden in der Regel in zwei große Kategorien eingeteilt, und zwar in zentrale und dezentrale Verfahren.

Bei der auf Kennzahlen beruhenden, dezentralen Organisation können die verschiedenen funkgestützten Kommunikationslösungen keine Informationen austauschen. Sie sind vollkommen unabhängig voneinander und beruhen nur auf der Erkennung und Bewertung von Störungen. Mit anderen Worten stuft jedes gestörte funkgestützte Kommunikationssystem das Verhalten des störenden Systems ein und versucht infolgedessen, sein eigenes Verhalten an die neu eingeschätzte Situation anzupassen. Damit sind dezentrale Verfahren breiter anwendbar, aber nicht so effizient wie zentrale Verfahren. Als Beispiel sei genannt, dass dezentrale Algorithmen die Kommunikationsstrategien (z. B. das Frequenzband, das Zeitschlitz-Paket-Scheduling usw.) als Funktion bestimmter Kennzahlen, die feststellen können, ob die Kommunikationsleistung ausreichend ist, dynamisch modifizieren.

ANMERKUNG Einige dieser Kennzahlen sind in IEEE 802.15.2 [15] beschrieben.

Bei einer zentralen Organisation können die verschiedenen funkgestützten Kommunikationslösungen Informationen austauschen.

Die Voraussetzung für eine zentrale Organisation von funkgestützten Kommunikationssystemen, die mit unterschiedlichen Technologien von mehreren Anbietern arbeiten, ist das Vorhandensein einer gemeinsamen genormten Kommunikationsverbindung zwischen diesen Lösungen.

Dieser Ansatz kann zu bestimmten Einschränkungen bei der eingesetzten Hardware führen, da beispielsweise zentrale Methoden in der Regel mittels eines zentralen Arbiters/Schedulers umgesetzt werden. Die ausgetauschten Informationen erlauben jeder gestörten funkgestützten Kommunikationslösung, ihr eigenes Verhalten unter Berücksichtigung der Anforderungen ihrer eigenen Anwendung und der Anwendungen der anderen funkgestützten Kommunikationssysteme wirksam an die tatsächliche neue Situation anzupassen.

Diese dynamischen Modifikationen können die Zufallsabhängigkeit oder die Zuverlässigkeit der Kommunikation beeinflussen und daher für verschiedene automatisierungstechnische Anwendungen ungeeignet sein.

4.2 Zweck

Die vorliegende Spezifikation richtet sich auf Maßnahmen zur Herstellung der Koexistenz von funkgestützten Kommunikationssystemen für Mess- und Automatisierungsanwendungen. Diese Anwendungen können auf verschiedene Weise klassifiziert werden, wie es beispielsweise in Tabelle 1 dargestellt ist, in der die Klassifizierung nach dem Grad der Kritikalität der Anwendung erfolgt. Der Aufwand für das Koexistenzmanagement richtet sich nach der in Tabelle 1 beschriebenen Klassifizierung.

Tabelle 1 – Kommunikationsanforderungen und Profile 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 Dokuments durchzusetzen.
Steuerung und Regelung	Regelung mit geschlossenem Regelkreis oder Steuerung mit offenem Regelkreis	Das Kommunikationsprotokoll sollte eine bessere Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Zeitkritikalität unterstützen als in anderen Anwendungsbereichen wie der Konsumgüterindustrie oder der Telekommunikation. Der Koexistenzmanager muss eingesetzt werden, um die meisten Anforderungen dieses Dokuments durchzusetzen.
Überwachung	Visualisierung und Alarmierung des Prozesses	Für das Kommunikationsprotokoll sind keine weiteren Add-Ons erforderlich. Der Koexistenzmanager sollte eingesetzt werden, um wenigstens einige Anforderungen dieses Dokuments durchzusetzen.

Die Klassifizierung der automatisierungstechnischen Anwendungen bezieht sich in erster Linie auf die funktionalen Anforderungen der betreffenden Anwendung. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass eine automatisierungstechnische Anwendung einer weniger kritischen Anwendungsklasse bezogen auf ihre Funktionalität entsprechenden Kritikalität zugeordnet wird, die automatisierungstechnische Anwendung für Geschäftsprozesse aber von entscheidender Bedeutung ist. In diesem Fall ist es empfehlenswert, die automatisierungstechnische Anwendung einer kritischeren Anwendungsklasse zuzuordnen, um deren Bedeutung für das Unternehmen richtig darzustellen und auf einen größeren Aufwand für die Sicherstellung von Koexistenz hinzuweisen.

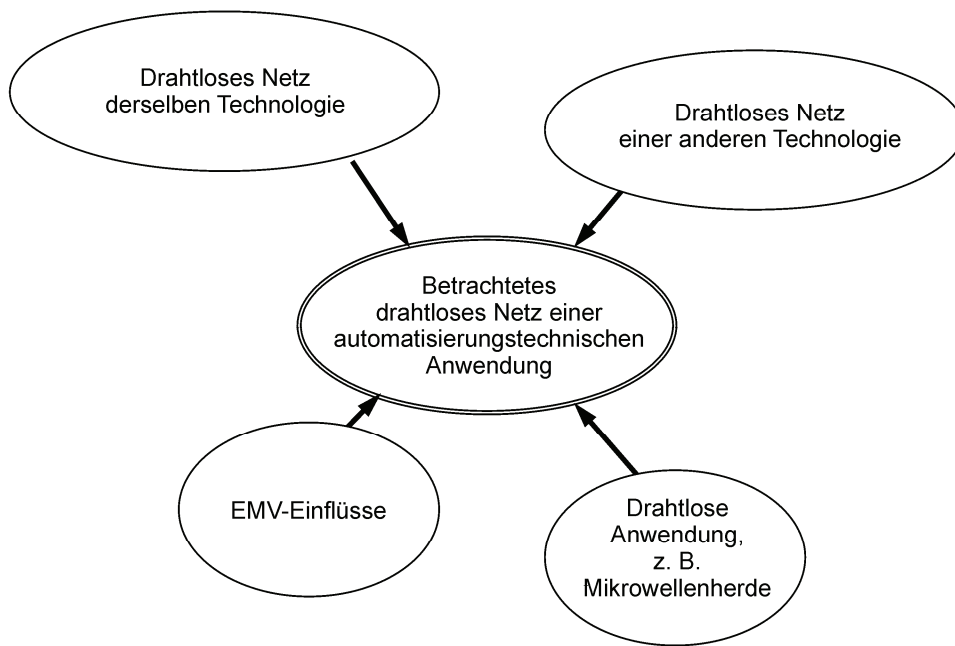
Die Bedeutung von Koexistenz in Anwendungen kann abhängig vom Einsatz des funkgestützten Kommunikationssystems veränderlich sein. Industrielle Anwendungen können für die Zwecke der vorliegenden Spezifikation nach Tabelle 1 auf unterschiedliche Anwendungsklassen abgebildet werden.

Weitere Anwendungen von Funk-Strichcode-Lesern bis Voice- und Video-over-IP-Anwendungen können ähnlich klassifiziert und entsprechend dieser Spezifikation behandelt werden.

Die Betrachtungen sind nicht auf ein spezielles Frequenzband wie das typischerweise genutzte 2,4-GHz-ISM-Band beschränkt. Als Störeinflüsse werden sowohl konkurrierende Kommunikationssysteme als auch andere zugelassene funkgestützte Anwendungen wie z. B. Mikrowellensysteme zum Trocknen oder zum Kunststoffschweißen in Betracht gezogen. Darüber hinaus können weitere Störungen durch starke niederfrequente elektromagnetische Felder (z. B. durch Transformatoren, starke Motoren oder andere EMV-Einflüsse, siehe Bild 1) auftreten. Zu berücksichtigende Störquellen werden im Einzelnen in 4.4 behandelt.

ANMERKUNG Die Analyse der EMV gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Spezifikation, sie wurde aber berücksichtigt.

Auch wenn in dieser Spezifikation davon ausgegangen wird, dass sich die Maßnahmen auf den Standort eines Unternehmens beziehen, ist zu beachten, dass die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen nicht örtlich begrenzt ist und Einflüsse aus der Nachbarschaft nicht auszuschließen sind.

**Bild 1 – Betrachtungsraum**

Es wird vorausgesetzt, dass ein funkgestütztes Kommunikationssystem ohne Störeinflüsse von anderen funkgestützten Kommunikationssystemen den Anforderungen der automatisierungstechnischen Anwendung prinzipiell entspricht und 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 funkgestützter Anwendungen gewährleistet bleibt.

4.3 Notwendigkeit der Einführung eines Koexistenzmanagements

Die von den Regulierungsbehörden freigehaltenen Frequenzbänder sind eine wertvolle endliche Ressource, die bei einer unkontrollierten Nutzung sehr schnell erschöpft wird.

Bild 2 zeigt ein Beispiel von funkgestützten Betriebsmitteln, die in industrieller Umgebung angetroffen werden können. 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 empfohlen, einen für alle Beteiligten verbindlichen, unternehmensweiten Prozess zur Verwaltung von funkgestützten Anwendungen einzuführen.

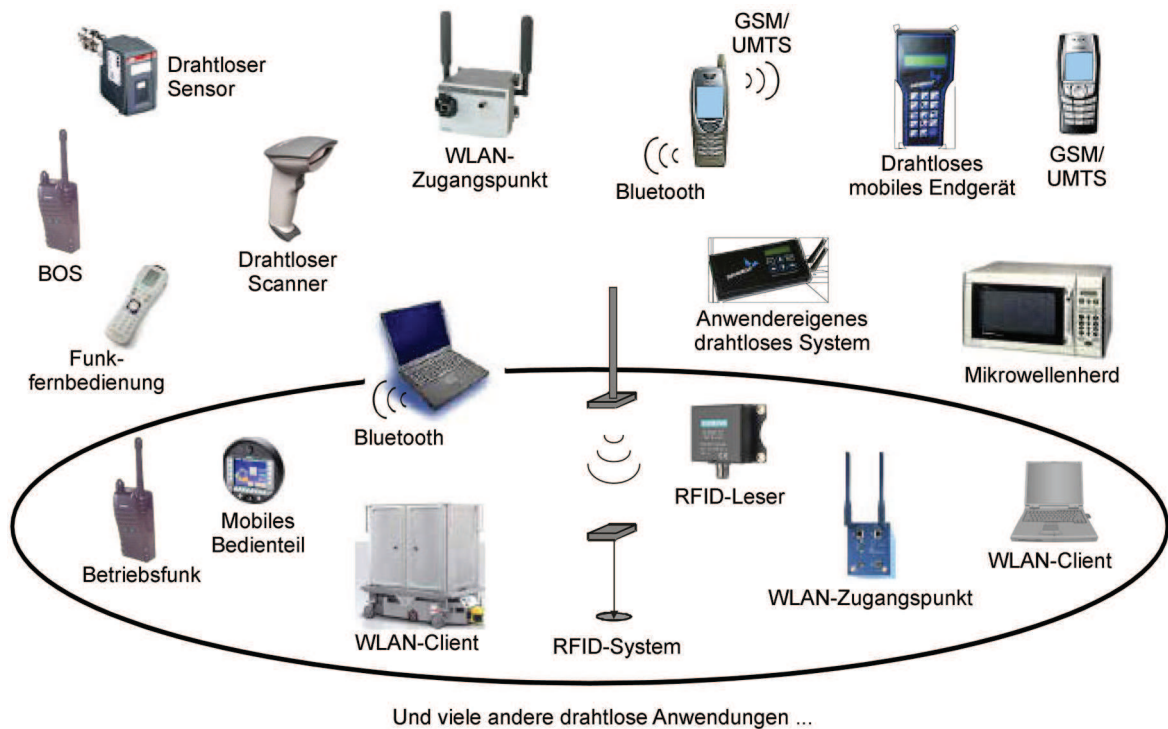


Bild 2 – Beispiele für funkgestützte Betriebsmittel in industriellen Umgebungen

Das Koexistenzmanagement ist ein unternehmensinterner Prozess, der an die Struktur und die internen Prozesse des Unternehmens angepasst werden sollte. Die Struktur und die Prozesse in jedem einzelnen Unternehmen können sehr unterschiedlich gestaltet sein. Darüber hinaus kann bei der Definition des Prozesses oder seiner Teilschritte der Schwerpunkt je nach betroffenen Anwendergruppen unterschiedlich definiert werden:

- funkgestützte Anwendungen mit hohem Datendurchsatz, aber geringen Echtzeitanforderungen (z. B. Anwendungsklasse „Überwachung“). Hier steht beim Koexistenzmanagement die Bereitstellung einer ausreichend großen Bandbreite im Vordergrund.
- funkgestützte Anwendungen ohne besondere Anforderungen an Leistung und Echtzeit. Das Koexistenzmanagement hat hier vor allem das Ziel, die flächenmäßige Abdeckung sicherzustellen (z. B. Anwendungsklassen „Steuerung und Regelung“ bis „Überwachung“).
- funkgestützte Anwendungen mit strengen Echtzeitanforderungen. In diesem Fall muss das Koexistenzmanagement sicherstellen, dass keine Funktionsprobleme durch den Einfluss anderer funkgestützter Anwendungen entstehen (Anwendungsklassen „Funktionale Sicherheit“ oder „Steuerung und Regelung“).

Trotzdem können folgende grundlegende Maßnahmen zur Einführung eines Koexistenzmanagements empfohlen werden:

- Ernennung eines unternehmensweiten Koexistenzmanagers;
- Ernennung eines Koexistenzmanagers für den bestimmten Standort, wenn das Unternehmen aus mehreren Standorten besteht;
- Aufstellung eines Gremiums, dem Ansprechpartner aus allen Bereichen des Unternehmens angehören, die funkgestützte Anwendungen einsetzen;
- Bestandsaufnahme aller installierten und möglichst auch geplanten funkgestützten Anwendungen;
- Einführung einer Systemrichtlinie mit einer Meldepflicht für neue funkgestützte Anwendungen und Lösungen und die Feststellung bestehender Anwendungen;
- Abstimmung und Verabschiedung von Entscheidungen über Freigabe und Einsatz der funkgestützten Kommunikationssysteme im Gremium.

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 funkgestützten Anwendungen beteiligt sind, wie z. B. Prozessplanung, IT, Automatisierung, Anlagenbetreiber (Produktion), Entwicklung, Einkauf, Facility Management usw.

Das Koexistenzmanagement bietet viele Vorteile:

- Abschwächung oder Beseitigung von Störungen, die zu Anlagenstillständen und dadurch verursachten finanziellen Verlusten und potenziellen Imageschäden führen;
- Abschwächung und Beseitigung einer aufwendigen kosten- und zeitintensiven Störungssuche;
- Abschwächung und Beseitigung von Fehlinvestitionen in funkgestützte Kommunikationslösungen, deren Betrieb in der existierenden funktechnischen Umgebung des Unternehmens nicht möglich ist.

Hier wird anstelle des Begriffs „funkgestütztes Kommunikationssystem“ der Begriff „funkgestützte Kommunikationslösung“ benutzt, weil dieser die konkreten Eigenschaften eines Produkts, die beim Koexistenzmanagement von Bedeutung sind, berücksichtigt.

4.4 Störpotenzial

Funkgestützte Anwendungen nutzen das Frequenzspektrum als „gemeinsames Medium“, das heißt, dass verschiedene funkgestützte Anwendungen um die gleiche Ressource (z. B. Zeit, Frequenzen, Sendeleistung, Raum usw.) konkurrieren. Somit stören sich funkgestützte Anwendungen der Definition nach gegenseitig. Es kommt zur Überlagerungen von Nutz- und Störsignalen.

Werden die folgenden drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt, führt diese Überlagerung zu einer Beeinflussung:

- Signale überlagern sich im Frequenzbereich;
- Signale überlagern sich im Zeitbereich;
- das Verhältnis zwischen dem Nutz- und dem Störsignal ist kleiner als der erforderliche Störabstand.

Bei gleichzeitiger Erfüllung dieser drei Bedingungen entsteht eine Gleichkanalstörung; diese stellt die wahrscheinlichste Art der Störungen dar. Sie führt zu Kollisionen zwischen funkgestützten Anwendungen, so dass z. B. die Übertragung eines Pakets wiederholt werden muss. Die Reaktion des Systems auf die beschriebene Gleichkanalstörung ist von mehreren Faktoren, z. B. von Funknormen, von der Hard- und Softwareimplementierung oder von der Anwendungsklasse, nach der das funkgestützte Kommunikationssystem arbeitet, abhängig.

Eine Maßnahme zur Herstellung von Koexistenz ist die Trennung sich nicht überlagernder Frequenzkanäle. Es können jedoch Störungen zwischen funkgestützten Kommunikationssystemen entstehen, die unterschiedliche Kanäle im gleichen Frequenzband nutzen, z. B. durch Nachbarkanalstörungen. Besonders analoge funkgestützte Kommunikationssysteme besitzen wegen der in der Regel hohen Medienbelegung ein hohes Störpotenzial für digitale funkgestützte Kommunikationssysteme. Darüber hinaus können Störungen durch funkgestützte Kommunikationssysteme, die andere Frequenzbänder nutzen, eine Kollisionsgefahr darstellen. Ein funkgestütztes Kommunikationssystem sendet neben dem Hauptsignal noch Außenbandsignale aus, die in den Frequenzkanal des gefährdeten funkgestützten Kommunikationssystems fallen können und dadurch das Nutzsignal beeinflussen.

Die Qualität des am Empfänger empfangenen Signals als Funktion der Störung durch andere funkgestützte Kommunikationssysteme wird gewöhnlich mit dem Störabstand (SIR) gemessen, der das Verhältnis der Nutzsignalleistung zur gesamten Restleistung der Störsignale angibt. Der Empfänger kann ankommende Daten nur dann richtig interpretieren, wenn der Störabstand oberhalb einer festgelegten Schwelle liegt. Der Schwellwert hängt von der angewendeten Modulation ab, während der tatsächliche SIR-Wert davon abhängt, wie die vorgesehene Kommunikation in den folgenden beiden Bereichen von Störungen überlagert wird:

- 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 funkgestützten Kommunikationssysteme von Störern und Opfer veränderlich ist, sollte für den ersten Punkt vor der SIR-Bewertung ein Zeitintervall festgelegt werden, in dem die Störung konstant ist.

Für den zweiten Punkt sollte für die SIR-Bewertung wenigstens die kombinierte Wirkung der Spektralmasken des (der) störenden Sender(s) und des gestörten Empfängers betrachtet werden. Der (Die) störende(n) Sender kann (können) in der Praxis Nebenaussendungen außerhalb des angewendeten Frequenzkanals aufweisen. Andererseits kann die Sperrmaske des Empfängers das (die) Störsignal(e) abweisen und damit deren Auswirkungen verringern. Wenn sowohl der (die) störende(n) Sender als auch der (die) gestörte(n) Empfänger mit der gleichen Art der funkgestützten Übertragung (Funkwellen) (d. h. in der Bitübertragungsschicht) arbeiten und auf denselben Frequenzkanal abgestimmt sind, wird zur Definition der Störung in der Regel der Begriff Gleichkanal benutzt. Wenn sowohl der (die) störende(n) Sender als auch der gestörte Empfänger mit der gleichen Art der funkgestützten Übertragung (Funkwellen) (d. h. in der Bitübertragungsschicht) arbeiten, aber auf andere Frequenzkanäle abgestimmt sind, wird der Begriff Nebkanal benutzt.

Die Auswirkung von Störungen kann mit analytischen Modellen/Simulationen und experimentell mit Prüfeinrichtungen im Voraus eingeschätzt werden. Diese drei Ansätze haben eine unterschiedliche (wachsende) Komplexität und damit eine verschiedene (zunehmende) Genauigkeit.

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

ANMERKUNG 1 Dieser Begriff ist umfassender als der Begriff funkgestütztes Kommunikationssystem, da bei den funkgestützten Anwendungen 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 Kollisionsgefahr bedeutet jedoch nicht, dass ein Parallelbetrieb von konkurrierenden funkgestützten Kommunikationssystemen prinzipiell nicht möglich ist. Koexistenz liegt vor, wenn die Anforderungen der beteiligten funkgestützten Kommunikationslösungen erfüllt sind. Dieses Kriterium sollte beim Treffen von Entscheidungen über den Einsatz von funkgestützten Kommunikationssystemen zugrunde gelegt werden.

Ebenso sollten, soweit möglich, zukünftige Änderungen der Anforderungen berücksichtigt werden, die Änderungen des Störpotenzials mit sich bringen. Der Lebenszyklus einer funkgestützten Kommunikationslösung beträgt typischerweise fünf bis zehn Jahre. Während dieser Zeit können neue Anwendungen für das bestehende funkgestützte Kommunikationssystem entwickelt werden. Festlegung, Abstimmung und Lenkung dieser Änderungen sind ein Bestandteil des Koexistenzmanagements.

Eine weitere Art der Beeinflussung sind abgestrahlte EMV-Störungen. Viele der funkgestützten Anwendungen, die der Frequenzregulierung unterliegenden, strahlen eine erhebliche Leistung ab, wodurch in der Nähe eines anderen funkgestützten Kommunikationssystems eine hohe Feldstärke erzeugt werden kann. Eine funkgestützte Kommunikationslösung weist eine gewisse Störfestigkeit gegen diese abgestrahlten Störungen auf, die in den entsprechenden Normen definiert ist. Durch das Signal einer leistungsstarken funkgestützten Anwendung kann dieser Grenzwert überschritten werden.

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

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

Nicht über den Funkkanal eingekoppelte EMV-Beeinflussungen (z. B. leistungsstarke energietechnische Anlagen, Frequenzumrichter) können Störungen verursachen. Die Betrachtung dieser EMV-Beeinflussungen ist Gegenstand der EMV-Richtlinien und gehört nicht zum Anwendungsbereich der vorliegenden Spezifikation.

4.5 Randbedingungen

Für die funkgestützte Kommunikation steht nur eine endliche Ressource zur Verfügung. Demzufolge muss sorgfältig geplant werden, wie diese Ressource genutzt wird. Je höher die Anforderungen der Anwendungsklasse an das funkgestützte Kommunikationssystem 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 es in Bild 3 dargestellt ist. Eine gewisse Spanne des Aufwands ergibt sich dadurch, dass funkgestützten Kommunikationslösungen mehr oder weniger komplex sind (z. B. einfache Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder Netz mit Linien-, Stern-, Zell-, Baum-, Maschentopologie) oder dadurch, dass mehr oder weniger Einflussgrößen berücksichtigt werden müssen (z. B. Medienbelastung, Sendeleistung). Der durch das Kurvenpaar begrenzte Bereich verschiebt sich nach oben, je effizienter das Spektrum genutzt werden muss. Das betrifft sowohl:

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

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 für bestimmte funkgestützte Anwendungen. 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 kritisch 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.