

DIN EN IEC 62657-4

ICS 25.040.40; 35.110

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Koexistenz von Funksystemen –
Teil 4: Koexistenz-Management mit zentraler Koordination von
Funkanwendungen
(IEC 62657-4:2022);
Deutsche Fassung EN IEC 62657-4:2022**

Industrial networks –
Coexistence of wireless systems –
Part 4: Coexistence management with central coordination of wireless applications
(IEC 62657-4:2022);
German version EN IEC 62657-4:2022

Réseaux industriels –
Coexistence des systèmes sans fil –
Partie 4: Gestion de coexistence avec coordination centralisée des applications sans fil
(IEC 62657-4:2022);
Version allemande EN IEC 62657-4:2022

Gesamtumfang 107 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2022-07-04 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2024-04-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62657-4:2018-04.

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

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/SC 65C „Industrial networks“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

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

- 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.

Deutsche Fassung

**Industrielle Kommunikationsnetze – Koexistenz von Funksystemen – Teil 4:
Koexistenz-Management mit zentraler Koordination von Funkanwendungen
(IEC 62657-4:2022)**

Industrial networks – Coexistence of wireless
systems – Part 4: Coexistence management
with central coordination of wireless applications
(IEC 62657-4:2022)

Réseaux industriels – Coexistence des systèmes
sans fil – Partie 4: Gestion de coexistence avec
coordination centralisée des applications sans fil
(IEC 62657-4:2022)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2022-07-04 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 65C/1164/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62657-4, 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 IEC 62657-4:2022 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): 2023-04-04
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2025-07-04

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

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Komitee des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Gremien ist auf den Internetseiten des CENELEC abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62657-4:2022 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 61360 (Reihe)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 61360.
IEC 61784-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN IEC 61784-2.
IEC 62591	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62591.
IEC 62601	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62601.
IEC 62657 (Reihe)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 62657.
IEC 62734	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62734.
IEC 62769 (Reihe)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN IEC 62769.
IEC 62948	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62948.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abweichungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgelisteten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 62657-2	2022	Industrial communication networks - Coexistence of wireless systems - Part 2: Coexistence management	EN IEC 62657-2	2022
IEC 62443	series	Security for industrial automation and control systems	-	-
ISO/IEC 10731	-	Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model - Conventions for the definition of OSI services	-	-

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	5
Einleitung.....	11
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen.....	12
3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen.....	12
3.1 Allgemeines.....	12
3.2 Spezifische Begriffe für dieses Dokument.....	13
3.3 Zusätzliche Begriffe für die Vorlagen.....	14
3.4 In IEC 62657-2 angegebene Begriffe.....	16
3.5 Abkürzungen.....	17
3.6 Konventionen für Dienstbeschreibungen.....	19
4 Betrachtungsgebiet.....	19
4.1 Konzeptionelles Koexistenzmodell.....	19
4.2 Untersuchung des Koexistenzstatus.....	20
4.3 Implementierung von Funkressourcen und ihre Nutzung.....	23
4.4 Betriebsmittel für das Koexistenzmanagement.....	23
5 Architektur eines drahtlosen Koexistenzmanagementsystems.....	24
5.1 Allgemeines.....	24
5.2 Systemelemente.....	27
5.2.1 Funksysteme und Funkgeräte für Automatisierungsanwendungen.....	27
5.2.2 Zentraler Koordinierungspunkt.....	28
5.2.3 Koordinierungsdatenbank.....	31
5.2.4 Spektrumserkennungssystem.....	32
5.3 Protokollreferenzarchitektur.....	33
5.3.1 Allgemeines.....	33
5.3.2 Datenebene.....	34
5.3.3 Management- und Steuerungsebene.....	35
5.4 System der Funkkommunikationsanwendungen.....	36
5.4.1 CCP-Konzept für die gemeinsame Nutzung mit primären Funksystemen.....	36
5.4.2 Schutz von primären Funksystemen.....	36
5.4.3 CCP-Konzept für die systeminterne Koexistenz.....	37
5.5 Schnittstellen.....	38
5.5.1 CCP.....	38
5.5.2 Mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen und Funkgeräte.....	39
5.5.3 Datenbank.....	39
5.5.4 Spektrumserkennungssystem.....	39
6 Parameter für die Bewertung der Koexistenz.....	39

7	Parameter für die Steuerung der Koexistenz.....	40
7.1	Allgemeines.....	40
7.2	Anwendungsparameter.....	40
7.3	Funkparameter.....	41
8	Management- und Steuerdienste.....	42
8.1	Allgemeines.....	42
8.2	Dienste zur Verwaltung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung.....	43
8.2.1	Unterstützte Dienste.....	43
8.2.2	GetGeneralPlantCharacteristic.....	43
8.2.3	SetGeneralPlantCharacteristic.....	45
8.2.4	GetApplicationCommunicationRequirements.....	47
8.3	Dienste für die Funkkommunikationssystem- und Funkkommunikationsgeräteteilnahme.....	49
8.3.1	Unterstützte Dienste.....	49
8.3.2	SubscribeDevice.....	49
8.3.3	UnsubscribeDevice.....	51
8.3.4	SubscribeSystem.....	53
8.3.5	UnsubscribeSystem.....	55
8.3.6	GetDeviceAttributes.....	56
8.4	Dienste für die Funksystem- und Funkgerätekonfiguration und -steuerung.....	59
8.4.1	Unterstützte Dienste.....	59
8.4.2	SetTransmitPower.....	59
8.4.3	SetFrequencyChannel.....	61
8.4.4	SetBandwidth.....	62
8.4.5	SetFrequencyHoppingSequence.....	64
8.4.6	SetBlockedFrequencyList.....	65
8.4.7	SetDwellTime.....	67
8.4.8	SetMediumAccessControlMechanism.....	68
8.4.9	SetDeviceStatus.....	70
8.4.10	GetParameter.....	71
8.4.11	SetParameter.....	73
8.5	Dienste für das Medienressourcenmanagement.....	75
8.5.1	Unterstützte Dienste.....	75
8.5.2	GetMediumResourceReport.....	76
8.5.3	SetMediumResourceReport.....	78
8.5.4	NotifyMediumResource.....	81
8.5.5	SetMediumSensingReport.....	82
8.5.6	NotifyMediumSensingResults.....	85
8.6	Datenbankzugriffsdienste.....	87
8.6.1	Unterstützter Dienst.....	87
8.6.2	GetRadioRegulation.....	87

Anhang A (informativ) Beispiel für eine per CCP-gesteuerte WCA und primäre Dienste/Anwendungen innerhalb des 5,8-GHz-Bandes.....	90
Anhang B (informativ) Verwendung des gemeinsamen IEC-Datenbeschreibungsverzeichnisses (IEC CDD).....	92
Anhang C (informativ) Zuordnen der Dienste zu den Vorlagen.....	94
C.1 Allgemeines.....	94
C.2 Vorlagen für die Managementdienste.....	94
C.3 Vorlagen für die Abonnementdienste.....	97
C.4 Vorlagen für die Dienste zur Funksystem- und Funkgerätekonfiguration und -steuerung.....	100
C.5 Vorlagen für die Dienste zum Medienressourcenmanagement.....	103
C.6 Vorlagen für die Datenbankzugriffsdienste.....	106
Literaturhinweise.....	107
Bilder	
Bild 1 – Konzeptionelles Koexistenzmodell für die Funkkommunikation nach IEC 62657-2.....	20
Bild 2 – Quellen zur Bestimmung von Parametern zur Berechnung des Koexistenzstatus.....	21
Bild 3 – Koexistenzstatusfunktion.....	22
Bild 4 – Parameter der aktiven Einflussnahme und Steuerungsparameter zur Verwaltung der Koexistenz...	23
Bild 5 – Elemente eines zentral koordinierten Koexistenzmanagementsystems.....	25
Bild 6 – Datenaustausch im zentral koordinierten Koexistenzmanagementsystem.....	26
Bild 7 – Mit CCP verwaltete Funkgeräte und mit CCP verwaltete Funksysteme.....	28
Bild 8 – Übersicht über CCP.....	29
Bild 9 – Protokollreferenzmodell eines mit CCP verwalteten Funkgeräts.....	34
Bild 10 – CCP für die systeminterne Koexistenz.....	38
Bild 11 – Primitivfluss von „GetGeneralPlantCharacteristic“.....	44
Bild 12 – Primitivfluss von „SetGeneralPlantCharacteristic“.....	45
Bild 13 – Primitivfluss von „GetApplicationCommunicationRequirements“.....	47
Bild 14 – Primitivfluss von „SubscribeDevice“.....	49
Bild 15 – Primitivfluss von „UnsubscribeDevice“.....	51
Bild 16 – Primitivfluss von „SubscribeSystem“.....	53
Bild 17 – Primitivfluss von „UnsubscribeSystem“.....	55
Bild 18 – Primitivfluss von „GetDeviceAttribute“.....	57
Bild 19 – Primitivfluss des Dienstes „SetTransmitPower“.....	60
Bild 20 – Primitivfluss des Dienstes „SetFrequencyChannel“.....	61
Bild 21 – Primitivfluss des Dienstes „SetBandwidth“.....	63
Bild 22 – Primitivfluss des Dienstes „SetFrequencyHoppingSequence“.....	64
Bild 23 – Primitivfluss des Dienstes „SetBlockedFrequencyList“.....	66
Bild 24 – Primitivfluss des Dienstes „SetDwellTime“.....	67
Bild 25 – Primitivfluss des Dienstes „SetMediumAccessControlMechanism“.....	69
Bild 26 – Primitivfluss des Dienstes „SetDeviceStatus“.....	70
Bild 27 – Primitivfluss des Dienstes „GetMediumResourceReport“ für eine CMWCA.....	72

Bild 28 – Primitivfluss des Dienstes „GetMediumResourceReport“ für ein CMWD.....	72
Bild 29 – Primitivfluss des Dienstes „SetParameter“ für eine CMWCA.....	74
Bild 30 – Primitivfluss des Dienstes „SetParameter“ für ein CMWD.....	74
Bild 31 – Primitivfluss des Dienstes „GetMediumResourceReport“ für eine CMWCA.....	76
Bild 32 – Primitivfluss des Dienstes „GetMediumResourceReport“ für ein CMWD.....	76
Bild 33 – Primitivfluss des Dienstes „SetMediumResourceReport“ für eine CMWCA.....	78
Bild 34 – Primitivfluss des Dienstes „SetMediumResourceReport“ für ein CMWD.....	79
Bild 35 – Primitivfluss des Dienstes „NotifyMediumResource“ für eine CMWCA.....	81
Bild 36 – Primitivfluss des Dienstes „NotifyMediumResource“ für ein CMWD.....	81
Bild 37 – Primitivfluss des Dienstes „SetMediumSensingReport“ für SSN.....	83
Bild 38 – Primitivfluss des Dienstes „SetMediumResource“ für SSF in CMWD.....	83
Bild 39 – Primitivfluss des Dienstes „NotifyMediumSensingResults“ für SSN.....	85
Bild 40 – Primitivfluss des Dienstes „NotifyMediumSensingResults“ für SSF in CMWD.....	86
Bild 41 – Primitivfluss des Dienstes „GetRadioRegulation“.....	87
Bild A.1 – CCP-gesteuerte WCA und primäre Dienste und Anwendungen.....	90
Bild A.2 – Überblick über primäre Dienste/Anwendungen.....	91
Bild B.1 – Förderung des Managements der Koexistenz.....	93

Tabellen

Tabelle 1 – Erläuterungen zu Funkkanälen.....	21
Tabelle 2 – Grad der Wirksamkeit der Funkautomatisierung.....	31
Tabelle 3 – Liste der Parameter für die Bewertung der Koexistenz.....	39
Tabelle 4 – Liste der Anwendungsparameter für die Steuerung der Koexistenz.....	40
Tabelle 5 – Liste der Funkparameter zur Steuerung der Koexistenz.....	41
Tabelle 6 – Parameter des Dienstes „GetGeneralPlantCharacteristic“.....	44
Tabelle 7 – Parameter des Dienstes „SetGeneralPlantCharacteristic“.....	46
Tabelle 8 – Parameter des Dienstes „GetApplicationCommunicationRequirements“.....	47
Tabelle 9 – Parameter des Dienstes „SubscribeDevice“.....	50
Tabelle 10 – Parameter des Dienstes „UnSubscribeDevice“.....	51
Tabelle 11 – Parameter des Dienstes „SubscribeSystem“.....	53
Tabelle 12 – Parameter des Dienstes „UnsubscribeSystem“.....	55
Tabelle 13 – Parameter des Dienstes „GetDeviceAttribute“.....	57
Tabelle 14 – Parameter des Dienstes „SetTransmitPower“.....	60
Tabelle 15 – Parameter des Dienstes „SetFrequencyChannel“.....	61
Tabelle 16 – Parameter des Dienstes „SetBandwidth“.....	63
Tabelle 17 – Parameter des Dienstes „SetFrequencyHoppingSequence“.....	64
Tabelle 18 – Parameter des Dienstes „SetBlockedFrequencyList“.....	66
Tabelle 19 – Parameter des Dienstes „SetDwellTime“.....	67
Tabelle 20 – Parameter des Dienstes „SetMediumAccessControlMechanism“.....	69
Tabelle 21 – Parameter des Dienstes SetDeviceStatus.....	70

Tabelle 22 – Parameter des Dienstes „GetParameter“	72
Tabelle 23 – Parameter des Dienstes „SetParameter“	74
Tabelle 24 – Parameter des Dienstes „GetMediumResourceReport“	76
Tabelle 25 – Parameter des Dienstes „SetMediumResourceReport“	79
Tabelle 26 – Parameter des Dienstes „NotifyMediumResource“	81
Tabelle 27 – Parameter des Dienstes „SetMediumSensingReport“	83
Tabelle 28 – Parameter des Dienstes „NotifyMediumSensingResults“	86
Tabelle 29 – Parameter des Dienstes GetRadioRegulation.....	87
Tabelle A.1 – Primäre Dienste und Anwendungen.....	91
Tabelle C.1 – Parametervorlage für den Dienst „GetGeneralPlantCharacteristic“	94
Tabelle C.2 – Parametervorlage für den Dienst „SetGeneralPlantCharacteristic“	96
Tabelle C.3 – Parametervorlage für den Dienst „GetApplicationCommunicationRequirements“	96
Tabelle C.4 – Parametervorlage für den Dienst „SubscribeDevice“	97
Tabelle C.5 – Parametervorlage für den Dienst „UnsubscribeDevice“	97
Tabelle C.6 – Parametervorlage für den Dienst „SubscribeSystem“	98
Tabelle C.7 – Parametervorlage für den Dienst „UnsubscribeSystem“	98
Tabelle C.8 – Parametervorlage für den Dienst „GetDeviceAttributes“	99
Tabelle C.9 – Parametervorlage für den Dienst „SetTransmitPower“	100
Tabelle C.10 – Parametervorlage für den Dienst „SetFrequencyChannel“	100
Tabelle C.11 – Parametervorlage für den Dienst „SetBandwidth“	101
Tabelle C.12 – Parametervorlage für den Dienst „SetFrequencyHoppingSequence“	101
Tabelle C.13 – Parametervorlage für den Dienst „SetBlockedFrequencyList“	101
Tabelle C.14 – Parametervorlage für den Dienst „SetDwellTime“	102
Tabelle C.15 – Parametervorlage für den Dienst „SetMediumAccessControlMechanism“	102
Tabelle C.16 – Parametervorlage für den Dienst „SetDeviceStatus“	102
Tabelle C.17 – Parametervorlage für den Dienst „GetParameter“	103
Tabelle C.18 – Parametervorlage für den Dienst „SetParameter“	103
Tabelle C.19 – Parametervorlage für den Dienst „GetMediumResourceReport“	104
Tabelle C.20 – Parametervorlage für den Dienst „SetMediumResourceReport“	104
Tabelle C.21 – Parametervorlage für den Dienst „NotifyMediumResource“	105
Tabelle C.22 – Parametervorlage für den Dienst „SetMediumSensingReport“	105
Tabelle C.23 – Parametervorlage für den Dienst „NotifyMediumSensingResults“	106
Tabelle C.24 – Parametervorlage für den Dienst „GetRadioRegulation“	106

Einleitung

Die Normenreihe IEC 62657 beschreibt Grundlagen, Hintergrundinformationen, Verfahren und Beispiele für eine Koexistenz der Funkkommunikation. Mit einem Koexistenzmanagementprozess nach IEC 62657-2 kann eine vorhersehbare Sicherheit der Koexistenz für ein bestimmtes Spektrum erreicht werden, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass die Anwendungsanforderungen weiterhin erfüllt werden. Das vorliegende Dokument beschreibt ein automatisiertes Koexistenzmanagement.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62657 legt ein Konzept und Verfahren für die zentrale Koordinierung (CC, en: central coordination) von Automatisierungsanwendungen mit Funkkommunikation fest und erweitert so das Koexistenzmanagement nach IEC 62657-2. Sie führt Systemelemente, Schnittstellen und Beziehungen für eine zentrale Koordinierung ein und legt Funktionen, Daten und den Datenaustausch zur Bewertung und Aufrechterhaltung des Koexistenzstatus fest.

Dieses Dokument legt den Ansatz mit zentralem Koordinierungspunkt (CCP, en: central coordination point) als ein Beispiel für die Nutzung der formalen Beschreibung in IEC 62657-3 fest.

Das vorliegende Dokument ist anwendbar für die Entwicklung, Umsetzung oder Anpassung von Verfahren oder Lösungen.

Das vorliegende Dokument beschreibt Anforderungen an automatisierte Koexistenzmanagementsysteme.

Das vorliegende Dokument beschreibt Anforderungen an:

- die Bestimmung des Koexistenzstatus;
- automatisierte Koexistenzmanagementverfahren;
- Anpassungen der zentralen Koordinierung (CC) für bestehende Funkkommunikationslösungen;
- Funktionen der zentralen Koordinierung (CC) zwischen alten und neuen Funkkommunikationssystemen.

Das vorliegende Dokument ist nicht auf einen bestimmten Funkfrequenzbereich oder eine bestimmte Funkkommunikationstechnologie beschränkt.

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 62657-2:—¹, *Industrial networks – Coexistence of wireless systems – Part 2: Coexistence management*

IEC 62443 (alle Teile), *Security for industrial automation and control systems*

ISO/IEC 10731, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services*

3 Begriffe, Abkürzungen und Vereinbarungen

3.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

¹ In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC FDIS 62657-2:2022.

3.2 Spezifische Begriffe für dieses Dokument

3.2.1

Zuweisung

Eintrag in der Frequenzzuweisungstabelle eines bestimmten Frequenzbandes zur Verwendung durch einen oder mehrere Funkdienste oder Einrichtungen für Radioastronomie unter festgelegten Bedingungen

3.2.2

Koexistenzabstand

Differenz zwischen dem Schwellenwert für den Koexistenzstatus und dem Istwert der Koexistenzstatusfunktion, die den Abstand bis zum Erreichen des Koexistenzstatus ausdrückt

3.2.3

Koexistenzspanne

Differenz zwischen dem Istwert der Koexistenzstatusfunktion und dem Schwellenwert für den Koexistenzstatus, der die Reserve vor dem Verlassen des Koexistenzstatus ausdrückt

3.2.4

Datenbankdienst

nach den Regeln der lokalen regelsetzenden Behörde offiziell betriebener Dienst, der auf Grundlage von Abfragen zur Standortbestimmung von Wireless-Regional-Area-Network-(WRAN-)Geräten eine Liste mit verfügbaren Kanälen und möglicherweise die auf diesen Kanälen höchstzulässige äquivalente isotrope Strahlungsleistung (EIRP, en: equivalent isotropic radiated power) bereitstellt

3.2.5

Standortbestimmung

Vorgang der Erfassung der Standortdaten eines Geräts und Bestimmung seines Breiten- und Längengrads

3.2.6

schädliche Störungen

alle Aussendungen, Strahlungen oder Induktionen, welche den einwandfreien Betrieb eines Funknavigationsdienstes oder anderer Sicherheitsdienste gefährden oder einen Funkkommunikationsdienst, der in Übereinstimmung mit den Vorschriften der ITU und lokalen Behörden arbeitet, erheblich verschlechtern, behindern oder wiederholt unterbrechen

3.2.7

primäres Funksystem

Funkkommunikationssystem, das nicht unter der Kontrolle des Koexistenzmanagers steht und nicht von diesem nicht beeinflusst wird

3.2.8

logische Verbindung

anwendungsorientierte Kommunikationsbeziehung, die die Übertragung von Nutzdaten zwischen einem logischen Endpunkt der Referenzschnittstelle in einem Quellgerät und einem logischen Endpunkt der Referenzschnittstelle in einem Zielgerät ermöglicht

3.2.9

Sendestation

Datenstation, die von der Leitstation bestimmt wurde, den Datentransfer zu einer oder mehreren Empfangsstationen durchzuführen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu einem gegebenen Zeitpunkt kann es nur eine Sendestation in einem Datenübermittlungsabschnitt geben.

[QUELLE: IEC 60050-721:1991, 721-19-12]

3.2.10

Dienstfluss

Dienstgüte-Parameter (QoS, en: quality of service) für die Protokolldateneinheiten (PDU, en: protocol data unit), die in einer Verbindung ausgetauscht werden; stellen einen Mechanismus für das QoS-Management in und gegen Bandlaufrichtung bereit

3.2.11

Dienstflusskennung

SFID, en: service flow identifier

eindeutige Kennung eines Dienstflusses, die sich auf die Art und Weise bezieht, wie Anwendungssitzungen/Pakete höherer Schichten ihren QoS- und Zeitsteuerungsanforderungen zugeordnet werden

3.2.12

Empfangsstation

Datenstation, die von einer Sendestation zum Empfang von Daten ausgewählt wurde

3.3 Zusätzliche Begriffe für die Vorlagen

3.3.1

Frequenz-Array

gesammelte Werte von der Erkennungsstartfrequenz bis zur Erkennungsendfrequenz während des Erkennungsvorgangs

3.3.2

Array für die spektrale Leistungsdichte

gesammelte Werte der spektralen Leistungsdichte von der Erkennungsstartfrequenz bis zur Erkennungsendfrequenz während des Erkennungsvorgangs

3.3.3

CCP-Adresse

Kennung des Kommunikationspartners eines zentralen Koordinierungspunkts für einen Dienst

3.3.4

Kommunikationsverbindungs-ID

Kennung (ID, en: identifier) als Teil der Antwort einer Dienstausführung in Bezug auf die Kommunikationsverbindung

3.3.5

Zieladresse

Kennung des Kommunikationspartners für einen Dienst

3.3.6

Grenzwert des Leistungsparameters

Wert, der mit dem Grenzwert für einen Leistungsparameter zurückgegeben wird

3.3.7

Typ des Medienerkennungsberichts

Typ der angeforderten Informationen, die sich auf die Erstellung des Medienressourcenberichts beziehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Typ ist wie folgt codiert: 1: ereignisgesteuert; 2: zyklisch; 3: angefordert.

3.3.8

Parameter-ID

ID eines Parameters, der von einer Norm oder einem Hersteller festgelegt wird und den Parameter identifiziert, dessen Wert zurückgegeben wird

3.3.9

Parameterwert

enthält den Wert des Parameters, der zurückgegeben werden soll

3.3.10

Leistungsparametertyp

Typ der angeforderten Informationen in Bezug auf eine Kommunikationsverbindungs-ID

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Typ ist wie folgt codiert: 1: Übertragungszeit; 2: Aktualisierungszeit; 3: Antwortzeit; 4: Datendurchsatz; 5: Kommunikationsverfügbarkeit.

3.3.11

ID der Funkvorschriften-Datenbank

ID der Funkvorschriften-Datenbank

3.3.12

Anzeige der Empfangssignalstärke

RSSI, en: received signal strength indicator

Wert der in einem empfangenen Funksignal vorhandenen Leistung

3.3.13

Mittelwert der Anzeige der Empfangssignalstärke

RSSI-Mittelwert

Mittelwert der in einem empfangenen Funksignal vorhandenen Leistung

3.3.14

Standardabweichung der Anzeige der Empfangssignalstärke

RSSI-Standardabweichung

Wert der Standardabweichung der in einem empfangenen Funksignal vorhandenen Leistung

3.3.15

Berichtintervall

Intervallzeit von zyklischen Berichten

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese ist dem Typ des Medienerkennungsberichts „zyklisch“ zugehörig.

3.3.16

Erkennungsdauer

Parameter, der die Dauer eines Erkennungsvorgangs angibt

3.3.17

Erkennungsendfrequenz

Parameter, der die Endfrequenz der Erkennung angibt

3.3.18

Erkennungsintervall

Parameter, der den Zeitabstand zwischen Erkennungsvorgängen angibt

3.3.19

Erkennungsstartfrequenz

Parameter, der die Startfrequenz der Erkennung angibt

3.3.20

Dienststatus

Parameter, der Informationen zum Ergebnis der Durchführung des Dienstes bereitstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Dienststatus kann entweder ABORTED (Abgebrochen) oder „TIMEOUT“ (Zeitüberschreitung) sein.

3.3.21

Signal-zu-(Interferenz+Rausch)-Verhältnis

SINR, en: signal to interference plus noise ratio

Wert der Leistung eines bestimmten betrachteten Signals geteilt durch die Summe der Störleistung aller anderen Störsignale und der Leistung von einigen Hintergrundrauschanteilen

3.3.22

Spektrumserkennungsinstanz-ID

ID der Spektrumserkennungsinstanz, die entweder den Spektrumserkennungsknoten (SSN, en: spectrum sensing node) oder die Spektrumserkennungsfunktion (SSF, en: spectrum sensing function) enthält

3.3.23

Status

Parameter, der das Verhalten des Funkgeräts bei der Konfiguration durch einen Code angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Status ist wie folgt codiert: 0: keine Adresse zugewiesen; 1: nicht konfiguriert; 2: konfiguriert.

3.3.24

Systemadresse

Kenntnis des Kommunikationspartners des Systems für einen Dienst

3.3.25

Zeitstempel

Parameter, der das Verhalten des Funkgeräts bei der Konfiguration durch einen Code angibt

3.3.26

Funksystem-ID

ID als Teil einer Dienstauführung in Bezug auf das betreffende Funksystem

3.3.27

Funktyp

Parameter, der das Modell eines Funksystems oder eines Funkgeräts charakterisiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Parameter kann entweder das Funksystem oder das Funkgerät enthalten. Bei Anwendung des gemeinsamen IEC-Datenbeschreibungsverzeichnisses (IEC CDD, en: IEC Common Data Dictionary) wird die eindeutige Kennung verwendet.

3.3.28

Funk-ID

ID als Teil einer Dienstauführung in Bezug auf das Modell eines Funksystems oder eines Funkgeräts

3.4 In IEC 62657-2 angegebene Begriffe

Zum besseren Verständnis sind die wichtigsten in diesem Dokument verwendeten Begriffe aus IEC 62657-2 aufgeführt, ohne dass die Definitionen in der Liste wiederholt werden.

- Antenne;
- Automatisierungsanwendung;
- Bandbreite;
- Mittenfrequenz;
- Koexistenz (Koexistenz der Funkkommunikation);
- Bewertung der Koexistenz;
- Planung der Koexistenz;
- Koexistenzmanagement;
- Kommunikationslast;

- Gerät;
- Gerätetyp;
- Betriebszyklus;
- Verweilzeit;
- Frequenzband;
- Frequenzkanal;
- untere Grenzfrequenz;
- adaptives Verfahren;
- Mediennutzungsfaktor;
- Nachricht;
- Anzahl aufeinanderfolgender verloren gegangener Nachrichten;
- Anlage;
- spektrale Leistungsdichte;
- Funkkanal;
- Signal-zu-(Interferenz+Rausch)-Verhältnis;
- Anzeige der Empfangssignalstärke;
- Empfängerempfindlichkeit;
- Sendezeitabstand;
- Funkanwendung;
- Funkkommunikation;
- Funkkommunikationsanwendung;
- Funkkommunikationslösung;
- Funkkommunikationssystem;
- Funkgerät;
- Funknetz;
- Funksystemtyp;
- gesamte Strahlungsleistung;
- obere Grenzfrequenz.

3.5 Abkürzungen

ACRM	Verwaltung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung (en: application communication requirements management)
AFH	adaptives Frequenzsprungverfahren (en: adaptive frequency hopping)
AL	Anwendungsschicht (en: application layer)
CC	zentrale Koordinierung (en: central coordination)
CCP	zentraler Koordinierungspunkt (en: central coordination point)
CDD	gemeinsames IEC-Datenbeschreibungsverzeichnis (en: common data dictionary)
CMWCA	mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen (en: CCP managed wireless communication application)
CMWD	mit CCP verwaltetes Funkgerät (en: CCP managed wireless device)
CONF	Bestätigung (en: confirmation)
CS	Konvergenzteilschicht (en: convergence sublayer)

C-SAP	Steuerungs-Dienstzugangspunkt (en: control service access point)
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)
EIRP	äquivalente isotrope Strahlungsleistung (en: equivalent isotropic radiated power)
HMI	Mensch-Maschine-Schnittstelle (en: human machine interface)
ID	Identifikation
IETF	Internettechnik-Arbeitsgruppe (en: Internet Engineering Task Force)
IND	Ereignisbenachrichtigung (en: event notification)
IP	Internetprotokoll (en: internet protocol)
ISM	industriell, wissenschaftlich und medizinisch (en: industrial, scientific and medical)
MAC	Medienzugriffssteuerung (en: medium access control)
MLME	Managementinstanz für die Medienzugriffsschicht (en: medium access layer management entity)
MRM	Medienressourcenmanagement
M-SAP	Management-Dienstzugangspunkt (en: management service access point)
PE	Richtlinien-Engine (en: policy engine)
PHY	Bitübertragungsschicht (en: physical layer)
PLC	speicherprogrammierbare Steuerung (en: programmable logic controller)
PLME	Managementinstanz für die Bitübertragungsschicht (en: physical layer management entity)
PSD	spektrale Leistungsdichte (en: power spectral density)
QoS	Dienstgüte (en: quality of service)
REQ	Anforderung (en: request)
RES	Antwort (en: response) auf die Anforderungsnachricht
RF	Funkfrequenz (en: radio frequency)
RSSI	Anzeige der Empfangssignalstärke (en: received signal strength indication)
SAP	Dienstzugangspunkt (en: service access point)
SDU	Dienstdateneinheit (en: service data unit)
SFID	Dienstflusskennung (en: service flow identifier)
SINR	Signal-zu-(Interferenz+Rausch)-Verhältnis (en: signal to interference plus noise ratio)
SSF	Spektrumserkennungsfunktion (en: spectrum sensing function)
SSN	Spektrumserkennungsknoten (en: spectrum sensing node)
SSS	Spektrumserkennungssystem
TRP	gesamte Strahlungsleistung (en: total radiated power)
WCA	Funkkommunikationsanwendung (en: wireless communication application)
WCD	Funkkommunikationsgerät (en: wireless communication device)
WCS	Funkkommunikationssystem (en: wireless communication system)
WCSDCC	Funksystem- und Funkgerätekonfiguration und -steuerung (en: wireless communication system and device configuration and control)
WCSDS	Funkkommunikationssystem- und Funkkommunikationsgeräteteilnahme (en: wireless communication system and device subscription)
WIA	Funknetz für die Industrie-Automatisierung (en: wireless industrial automation)
WSAN	Sensor-/Aktor-Funknetz (en: wireless sensor actuator network)

3.6 Konventionen für Dienstbeschreibungen

Dieses Dokument verwendet die in ISO/IEC 10731 angegebenen Vereinbarungen für Beschreibungen.

Das Dienstmodell und die verwendeten Dienstprimitive sind vollkommen abstrakte Beschreibungen und stellen keine Festlegung für die Implementierung dar.

Dienstprimitive, die zur Darstellung von Interaktionen zwischen Dienstnutzern und Dienst Anbietern verwendet werden (siehe ISO/IEC 10731), übermitteln Parameter, die die in der Nutzer/Anbieter-Interaktion verfügbaren Informationen angeben.

Die Parameter, die für jede Gruppe von Primitiven gelten, sind im weiteren Verlauf dieses Dokuments in Tabellen aufgeführt. Jede Tabelle besteht aus bis zu sechs Spalten, die den Namen des Dienstparameters und jeweils eine Spalte für die vom Dienst verwendeten Primitive und Richtungen der Parameterübertragung enthalten:

- die Eingabeparameter des Anforderungsprimitivs;
- die Ausgabeparameter des Anforderungsprimitivs;
- die Ausgabeparameter des Anzeigeprimitivs;
- die Eingabeparameter des Antwortprimitivs; und
- die Ausgabeparameter des Bestätigungsprimitivs.

In jeder Zeile der einzelnen Tabellen ist ein Parameter (oder ein Teil davon) aufgeführt. Bei lokalen Diensten wird nur das Anforderungsprimitiv mit Eingabe- und Ausgabeparametern verwendet. In den entsprechenden Spalten zu den Dienstprimitiven wird ein Code verwendet, um den Verwendungstyp des Parameters für den in der Spalte festgelegten Primitiv und die festgelegte Richtung der Parameterübertragung anzugeben:

M	Der Parameter ist für das Primitiv obligatorisch.
U	Der Parameter ist eine Benutzeroption und kann je nach der dynamischen Verwendung des DLS-Benutzers bereitgestellt werden oder nicht. Wird er nicht bereitgestellt, wird für den Parameter ein Standardwert angenommen.
S	Nur ein Parameter in einer Gruppe von Parametern mit diesem Code ist erforderlich.
C	Der Parameter ist durch andere Parameter oder durch die Umgebung des DLS-Benutzers bedingt.
CU	Der Parameter ist eine bedingte Benutzeroption und kann je nach anderen Parametern oder der Umgebung des DLS-Benutzers zulässig oder nicht zulässig sein. Wenn er zulässig ist, kann er je nach der dynamischen Verwendung des DLS-Benutzers bereitgestellt werden oder nicht. Wenn er zulässig ist und nicht bereitgestellt wird, wird für den Parameter ein Standardwert angenommen.
(Leerstelle)	Der Parameter ist nie vorhanden.

4 Betrachtungsgebiet

4.1 Konzeptionelles Koexistenzmodell

In Bild 1 ist das in IEC 62657-2 beschriebene konzeptionelle Koexistenzmodell dargestellt. In diesem Beispiel werden drei Funkkommunikationsanwendungen – A, B und C – angenommen. Entsprechend der Definition der Koexistenz der Funkkommunikation müssen alle drei Funkkommunikationsanwendungen die an sie gestellten Kommunikationsanforderungen erfüllen. Ein Teil der Funkkommunikationsanwendung A (en: wireless communication application, WCA) ist das ausgewählte Funksystem A (en: wireless communication system, WCS). Es nutzt das Funkmedium zur Kommunikation und kann andere WCS, z. B. WCS B, stören. WCS B kann die gleiche oder eine andere Funktechnologie verwenden. Jedes WCS verfügt über eine gewisse Störfestigkeit. Daher führt nicht jede Störung zu Kommunikations- oder Anwendungsfehlern.

Das Koexistenzmanagement erfordert die Untersuchung des Koexistenzstatus während des gesamten Lebenszyklus des Systems. Dazu müssen Messungen durchgeführt werden, um festzustellen, ob alle Funkkommunikationsanwendungen ihre Kommunikationsanforderungen erfüllen.

Die Untersuchung der Kommunikationsanforderungen der Anwendung und die Eigenschaften des Funksystems (Störfestigkeit und Nutzung) müssen in einer Bestandsaufnahme aufgezeichnet werden. Die sich daraus ergebende Koexistenzplanung muss in einem Ressourcenzuweisungsplan angegeben werden. Dieser bildet die Grundlage für die Verteilung der Funkressourcen und deren Nutzung.

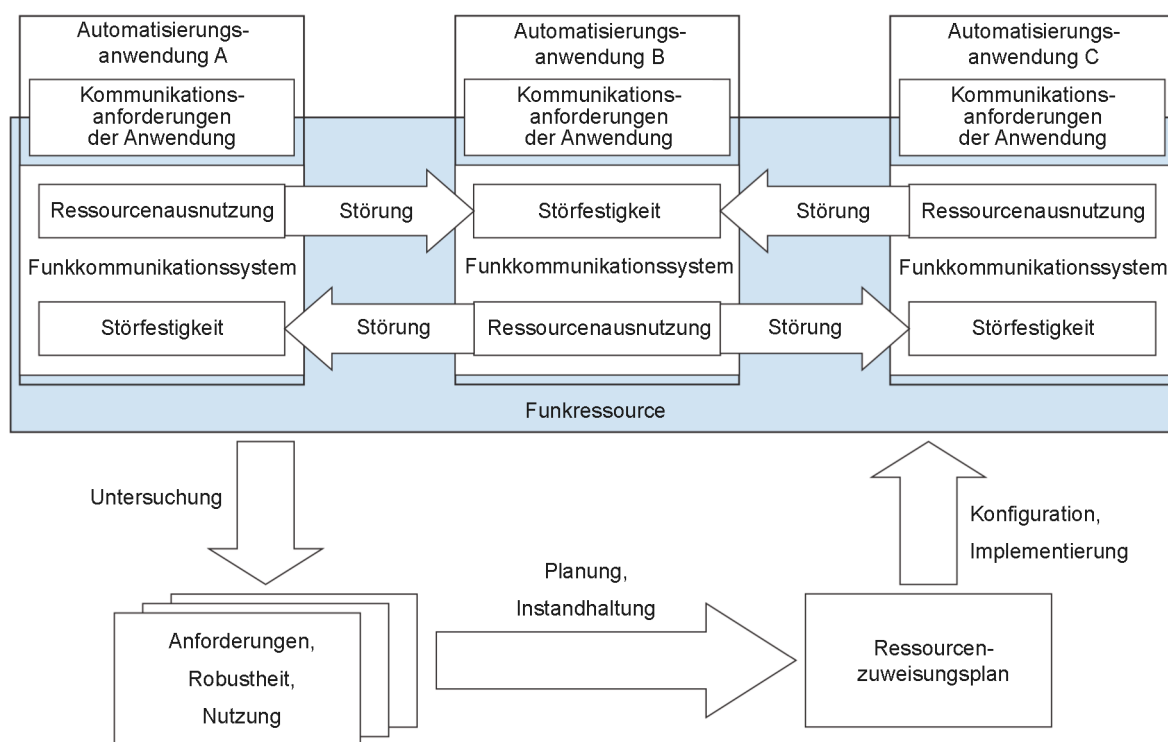


Bild 1 – Konzeptionelles Koexistenzmodell für die Funkkommunikation nach IEC 62657-2

4.2 Untersuchung des Koexistenzstatus

Eine wesentliche Aufgabe des Koexistenzmanagements ist die Berechnung und Bewertung des Koexistenzstatus. Entsprechend der Definition des Begriffs Koexistenz sind zusätzlich zu den Spektrumsparametern (z. B. Frequenzkanal oder spektrale Leistungsdichte) auch anwendungsbezogene Parameter (z. B. Übertragungszeit) für die Berechnung des Koexistenzstatus erforderlich.

In Bild 2 ist dargestellt, wo die relevanten Parameter bestimmt werden können. Das Bild zeigt ein Szenario mit zwei WCA (A und B) mit einer logischen Verbindung je WCA. Die Nachrichten einer verteilten Anwendung werden über das Quellgerät, die Senderantenne, den Funkkanal, die Empfängerantenne und das Zielgerät zum Ziel der verteilten Anwendung übertragen. Dabei können zwischen der Quellantenne eines WCS und den Antennen des anderen WCS Störungen auftreten. Diese Störungen werden von den Eigenschaften der Funkkanäle zwischen den jeweiligen Antennen beeinflusst. In Tabelle 1 sind die relevanten Funkkanäle des in Bild 2 dargestellten Szenarios aufgeführt.

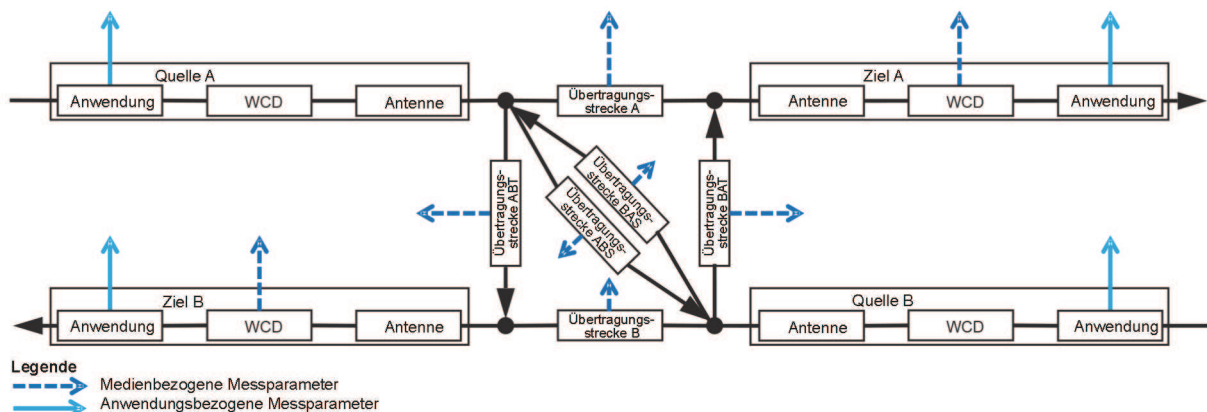


Bild 2 – Quellen zur Bestimmung von Parametern zur Berechnung des Koexistenzstatus

Tabelle 1 – Erläuterungen zu Funkkanälen

Funkkanal	Erläuterung
Kanal A	passive Umgebungseinflüsse für Übertragungen von Quelle A zu Ziel A
Kanal ABT	passive Umgebungseinflüsse für Störungen von Quelle A zu Ziel B
Kanal ABS	passive Umgebungseinflüsse für Störungen von Quelle A zu Ziel B
Kanal B	passive Umgebungseinflüsse für Übertragungen von Quelle B zu Ziel B
Kanal BAT	passive Umgebungseinflüsse für Störungen von Quelle B zu Ziel A
Kanal BAS	passive Umgebungseinflüsse für Störungen von Quelle B zu Quelle A

Die relevanten Parameter können bestimmt werden durch:

- Spektrumserkennungsfunktion (z. B. Frequenzkanal);
- Quellenanwendung (z. B. Anzahl der übertragenen Nachrichten);
- Ziel-Funkkommunikationsgerät (z. B. Anzahl der erfolgreich erhaltenen Nachrichten);
- Zielanwendung (z. B. Übertragungszeit).

Die für die Bestimmung und Bewertung der Koexistenz relevanten Parameter werden in Abschnitt 6 detailliert beschrieben. Im ECC Report 206 [13]², wird ein Ansatz zur ganzheitlichen Bewertung der Zuverlässigkeit industrieller Kommunikation vorgestellt. Dieser Ansatz ist geeignet, um eine wie folgt festgelegte Koexistenzstatusfunktion abzuleiten.

$\sigma_i(t)$ ist der normierte Parameter des charakteristischen Parameters i nach Abschnitt 6 zum Zeitpunkt t . Der Index i mit $i = 1 \dots n$ gibt einen von n Typen charakteristischer Parameter an. Die Faktoren für die Normierung sind abhängig vom Typ des charakteristischen Parameters und sind in Abschnitt 6 festgelegt. Der Parameter $\sigma(t)$ drückt die Qualität der logischen Verbindung einer WCS zum Zeitpunkt t aus.

Es wird ein Gewichtungsfaktor $u_i(t)$ mit einem möglichen Bereich von $[0, 1]$ eingeführt. Dieser Faktor ermöglicht die Anpassung eines Parameters vom Typ i entsprechend den Anforderungen. Während z. B. für Anwendungen mit ereignisgesteuerter Kommunikation die Übertragungszeit eine größere Rolle spielt, ist für Anwendungen mit periodischem Datenverkehr die Aktualisierungszeit von Bedeutung. Dies kann mit $u_i(t)$ ausgedrückt werden. Die Zeitabhängigkeit dieses Faktors berücksichtigt neu entwickelte, flexible industrielle Automatisierungskonzepte, für die gegebenenfalls Anpassungen der Relevanz verschiedener Parametertypen erforderlich sind.

Die Koexistenzstatusfunktion muss alle bekannten $k = 1 \dots p$ WCS berücksichtigen. Die Priorität einer Anwendung, die WCS k verwendet, wird mit dem Gewichtungsfaktor $w_k(t)$ ausgedrückt. Zudem müssen die

² Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

logischen Verbindungen $j = 1 \dots m$ eines WCS berücksichtigt werden. Die Bedeutung einer logischen Verbindung wird mithilfe des Gewichtungsfaktors $v_j(t)$ ausgedrückt.

Auf diese Weise kann eine Koexistenzstatusfunktion $\chi(t)$ nach Gleichung (1) festgelegt werden.

$$\chi(t) = \frac{1}{\sum w_k(t)} \sum_{k=1}^p w_k(t) \times \left(\frac{1}{\sum v_j(t)} \sum_{j=1}^m v_j(t) \times \left(\frac{1}{\sum u_i(t)} \sum_{i=1}^n u_i(t) \times \sigma_i(t) \right) \right)_{j/k} \quad (1)$$

Unter Annahme eines Schwellenwerts χ_{Thr} , der den Zustand bezeichnet, in dem die Kommunikationsanforderungen aller Funkkommunikationsanwendungen erfüllt sind, kann der Koexistenzstatus wie in Gleichung (2) dargestellt festgelegt werden.

$$s(\chi(t) \geq \chi_{Thr}) = 1 \quad (2)$$

Der ergänzende Status der Nicht-Koexistenz wird anhand der Gleichung (3) festgelegt.

$$s(\chi(t) < \chi_{Thr}) = 0 \quad (3)$$

Die Differenz zwischen dem Istwert $\chi(t)$ und dem Schwellenwert χ_{Thr} wird als Koexistenzspanne bezeichnet (siehe Gleichung (4)). Die Differenz zwischen dem Schwellenwert χ_{Thr} und dem Istwert $\chi(t)$ wird als Koexistenzabstand bezeichnet (siehe Gleichung (5)).

$$\chi_M(t) = \chi(t) - \chi_{Thr} \quad (4)$$

$$\chi_D(t) = \chi_{Thr} - \chi(t) \quad (5)$$

Ein Beispiel für eine Koexistenzstatusfunktion mit ihren wichtigsten Werten ist in Bild 3 dargestellt.

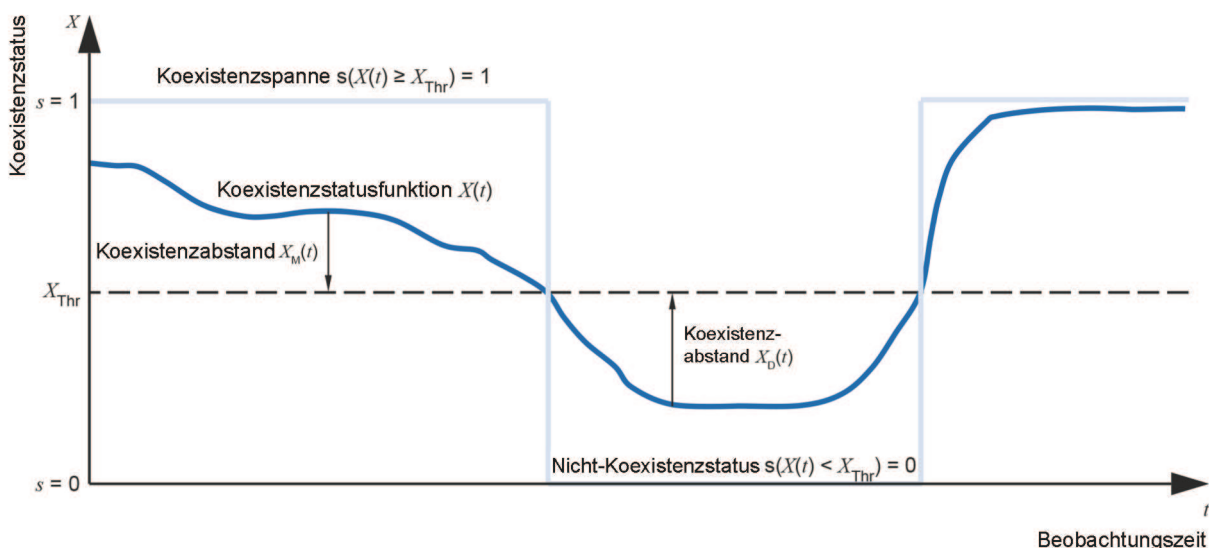


Bild 3 – Koexistenzstatusfunktion

Anhand der Koexistenzstatusfunktion können die Koexistenzstufe bewertet und Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Koexistenz abgeleitet werden. Die charakteristischen Parameter $\sigma_i(t)$ bezogen auf WCS k und die logische Verbindung j bieten die Möglichkeit, Schwachstellen innerhalb des Betrachtungsbereichs aufzudecken. Auf der Grundlage dieses Algorithmus und des Ansatzes der zentralen Koordinierung können spezifische Ressourcenzuweisungen abgeleitet werden.

4.3 Implementierung von Funkressourcen und ihre Nutzung

In Bild 4 sind aktive Umgebungseinflüsse und Ziele zur Steuerung der Koexistenz dargestellt. Das Szenario entspricht dem in Bild 3 dargestellten Szenario. Zusätzlich zur gegenseitigen Störung der beiden Systeme sind externe Einflüsse, auf die kein Einfluss genommen werden kann, durch gestrichelte Pfeile gekennzeichnet. Die gegenseitige Störung wird durch die Funkkanäle ABT, BAS, BAT und ABS gedämpft (siehe Tabelle 1).

Die relevanten Parameter können gesteuert werden durch:

- Quellenanwendung (z. B. Übertragungsintervall);
- Quell-Funkkommunikationsgerät (z. B. Frequenzkanal);
- Antenne (z. B. Strahlformung);
- Ziel-Funkkommunikationsgerät (z. B. Puffermanagement).

Die Änderung der Werte der oben genannten Parameter wirkt sich nicht nur auf die Koexistenz (Erfüllung der Anforderungen aller Anwendungen), sondern auch direkt auf die Erfüllung der Anforderungen der geregelten Anwendung aus. So kann z. B. eine Verlängerung des Sendezeitabstands für andere Anwendungen hilfreich, für die gesteuerte Anwendung jedoch kritisch sein. Eine entsprechende Steuerung der Parameter sollte daher in Betracht gezogen werden.

Die für die Steuerung der Koexistenz relevanten Parameter werden in Abschnitt 7 detailliert beschrieben. Um dieser Norm zu entsprechen, müssen Funkkommunikationsgeräte (WCD, en: wireless communication device) über Parameter und Dienste verfügen, die die Steuerung der Koexistenz ermöglichen.

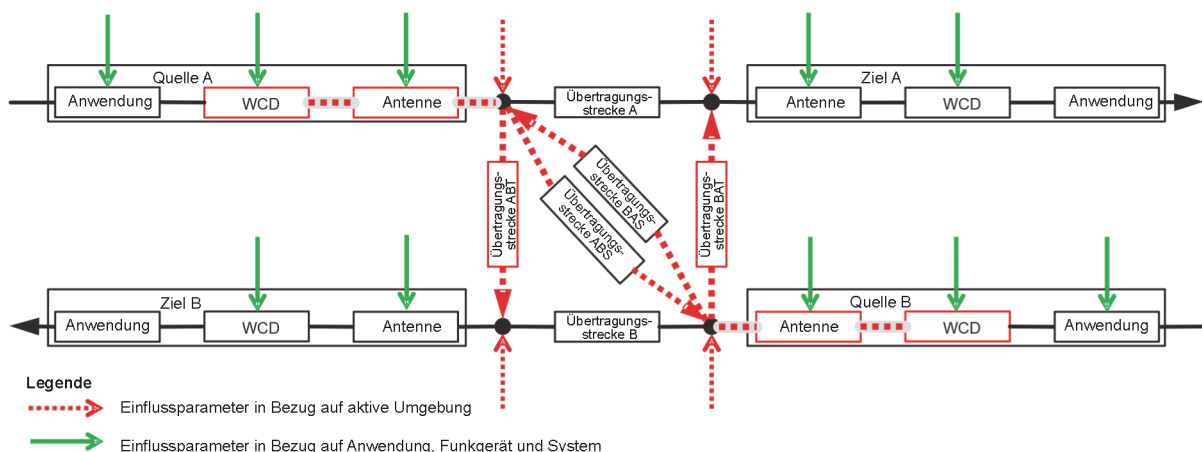


Bild 4 – Parameter der aktiven Einflussnahme und Steuerungsparameter zur Verwaltung der Koexistenz

4.4 Betriebsmittel für das Koexistenzmanagement

In Übereinstimmung mit dem Einsatzbereich (Industriearomatisierung), müssen die Betriebsmittel für das Koexistenzmanagement während des gesamten Lebenszyklus als Automatisierungsbetriebsmittel behandelt werden. Dies gilt für die Gerätebeschreibung (z. B. Feldgeräteintegration nach der Normenreihe IEC 62769, Informationsaustausch und Verwaltung, erforderliches Maß an Sicherheit, Eigensicherheit, funktionaler Sicherheit, Hochverfügbarkeit usw.). Eine Spektrumserkennungsfunktion stellt beispielsweise eine Schwachstelle in einem automatisierten Koexistenzmanagementsystem dar, da sie Funkwellen stört. Es wird empfohlen, die Normenreihe IEC 62443 für Cybersicherheitsbelange wie Denial-of-Service-Angriffe (Stören der Funkkommunikation) anzuwenden. In einem Einsatzgebiet gibt es aufgrund der getrennten Handhabung von Funktionalitäten und Risiken typischerweise mehrere Leitsysteme mit separaten Funkkommunikationssystemen. Das automatisierte Koexistenzmanagementsystem interagiert mit den Geräten der Funkssysteme und des Leitsystems, um Informationen zu erhalten und sie zu konfigurieren.

5 Architektur eines drahtlosen Koexistenzmanagementsystems

5.1 Allgemeines

Dieses Dokument beschreibt die Grundidee des automatisierten Koexistenzmanagements von Funkkommunikationssystemen für Automatisierungsanwendungen mit zentraler Koordinierung (CC) mehrerer Funkkommunikationssysteme innerhalb von Industrieanlagen. Die Funkkommunikationssysteme können dieselbe Kommunikationstechnologie aufweisen (homogene Funkkommunikationsinfrastruktur) oder unterschiedliche Kommunikationstechnologien (heterogene Funkkommunikationsinfrastruktur). Ziel ist es, die effiziente Nutzung der Funkressourcen weiter zu verbessern. Der Grundgedanke ist:

- auf Funkgeräte, die gesteuert werden können, Einfluss zu nehmen und Geräte, die nicht gesteuert werden können, zu berücksichtigen;
- verfügbare Störminderungstechniken je Gerät in einem Ansatz der zentralen Koordinierung, zu berücksichtigen;
- die Übertragung von Funkenergie zu stoppen oder die Störminderungstechniken je Gerät zu aktivieren, wenn die zentrale Koordinierung versagt;
- die Einhaltung lokaler Vorschriften durch Funkgeräte sicherzustellen, indem eine zentrale Koordinierung die Nutzung des Spektrums innerhalb der für die Geräte angegebenen Grenzen steuert und verwaltet.

Im Allgemeinen muss die funktionale Architektur für die zentrale Koordinierung von Funkkommunikationssystemen für Automatisierungsanwendungen die folgenden grundlegenden Anforderungen erfüllen:

- Bereitstellung von Koordinierungsmechanismen zur Herstellung und Aufrechterhaltung von Koexistenz zwischen verschiedenen Funkkommunikationslösungen im gleichen Frequenzbereich;
- Vermeidung schädlicher Störungen. Bereitstellung von Mechanismen für den automatischen Zugriff auf das Spektrum und die automatische Nutzung des Spektrums, mit dem Ziel:
 - freies und belegtes Spektrum zu erkennen;
 - Funkkommunikationslösungen, einschließlich primärer Funksysteme, zu erkennen und zu klassifizieren;
 - Kommunikationskanäle einzurichten;
 - Funkkommunikationssysteme an betreffenden Betriebsstandorten in der Anlage zu registrieren;
 - eine Bestandsaufnahme der Funkautomatisierungsanwendungen im jeweiligen Funkkommunikationssystem durchzuführen;
 - Neuregistrierungen von Funkkommunikationssystemen für Automatisierungsanwendungen anzunehmen oder abzulehnen;
 - Anforderungen für die Nutzung von Funkkommunikation anhand der im internen Verfahren abgestimmten Entscheidungen zu erfassen;
- Bereitstellung von Mechanismen zur kontinuierlichen Überwachung des
 - Zustands des Frequenzspektrums, und
 - des Koexistenzstatus.

Die verfügbaren Medienressourcen können durch Zuweisen von Ressourcenblöcken zu verschiedenen Funksystemen und/oder -geräten durch die zentrale Koordinierung (en: central coordination, CC) organisiert werden. Die Ressourcenblöcke stellen eine Kombination von Ressourcen aus dem Zeit-, Frequenz- und Raumbereich und der Codierung dar.

Die CC muss die Kommunikation mit Funksystemen oder -geräten über einen oder mehrere Kommunikationskanäle und -protokolle einschließen. Daher muss die CC folgende Anforderungen erfüllen:

- Unterstützung verschiedener Funktechnologien;
- Unterstützung einer Koordinierungsschnittstelle.

Das Koexistenzmanagement für die systeminterne Koexistenz kann das in IEC 62657-2 festgelegte manuelle Koexistenzmanagement ersetzen.

Die CC weist den verschiedenen Funkkommunikationslösungen Ressourcen zu. Dies kann die CC für einzelne Geräte oder die CC für Funkssysteme umfassen. In letzterem Fall nutzt das Funksystem die Informationen der CC, um sein eigenes Funknetz zu konfigurieren und zu steuern.

Wenn die Funkkommunikationsanwendungen nicht anhand der CC gesteuert werden und die Mechanismen der Medienzugriffssteuerung der Funkkommunikationssysteme unabhängig voneinander nutzen, gibt es keine Koordinierung zwischen ihnen, und sie sind auf ihre eigenen Techniken zur Netzbildung, Netzerkennung, Diensterkennung und zum Störungsmanagement angewiesen, einschließlich dem Schutz von primären Funksystemen.

Das zentrale koordinierte Koexistenzmanagementsystem besteht aus drei Einheiten, die in Bild 5 dargestellt sind:

- zentraler Koordinierungspunkt (CCP);
- Spektrumserkennungssystem (SSS), wobei es sich um eine Kombination aus Spektrumserkennungsknoten (SSN) und Spektrumserkennungsfunktionen (SSF) handelt, siehe 5.2.4;
- Datenbankdienste mit Informations- und Konfigurationsdatenbank und Vorschriftendatenbank.

Jede Einheit ist durch ihre funktionalen Rollen und Interaktionen mit anderen Einheiten festgelegt.

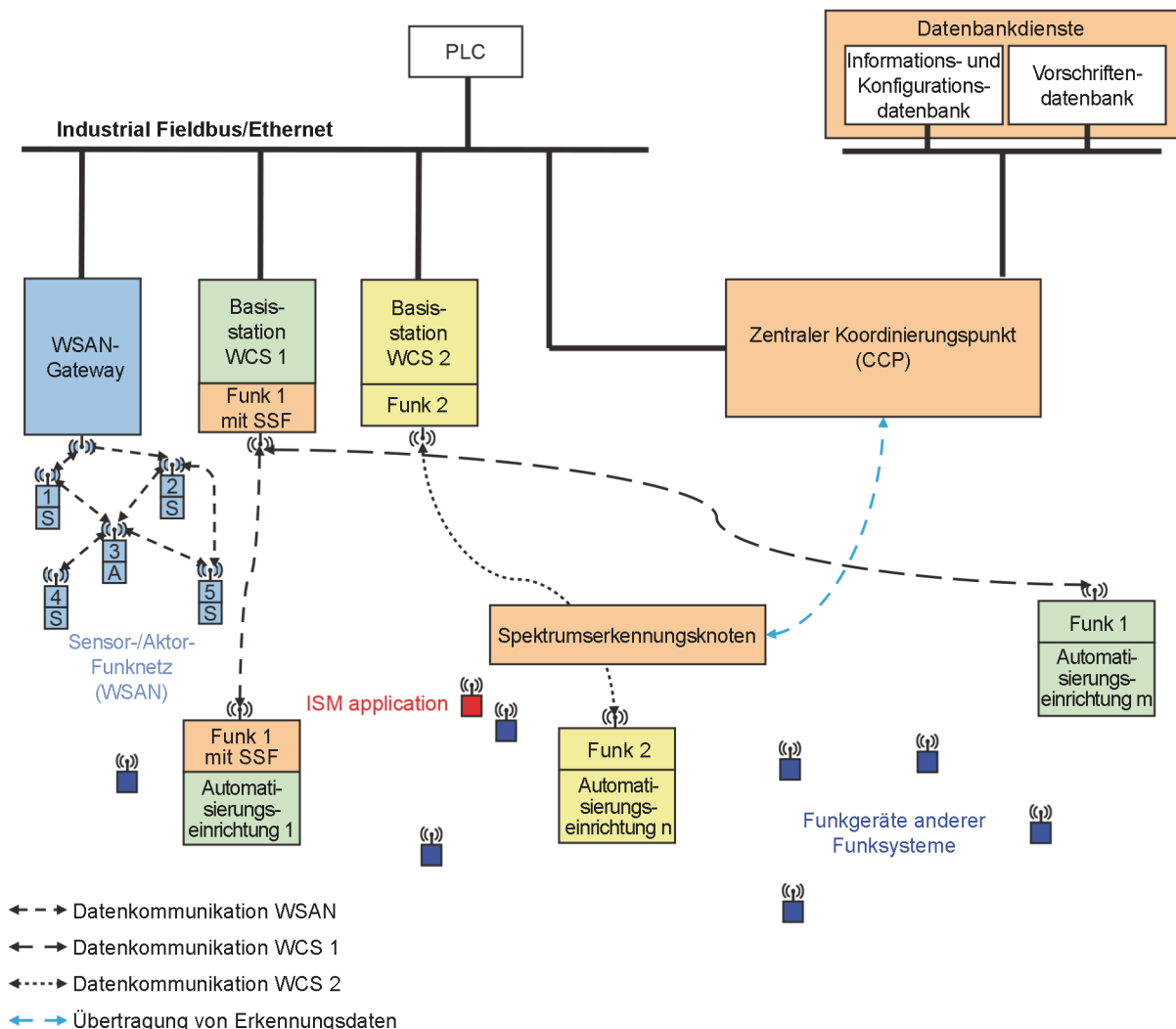


Bild 5 – Elemente eines zentral koordinierten Koexistenzmanagementsystems

In Bild 5 sind drei unabhängige Funksysteme dargestellt, die einer zentralen Koordinierung unterliegen. Sensor-/Aktor-Funknetz (WSAN, en: wireless sensor actuator network), ein Funksystem 1 (Funk 1) und ein Funksystem 2 (Funk 2). Darüber hinaus gibt es Funkgeräte von anderen Funksystemen, die nicht von der CC gesteuert werden (primäre Funksysteme), und eine ISM-Anwendung, die die betrachteten Funkkommunikationsanwendungen stören kann. Ein drahtgebundenes Industrie-Kommunikationssystem wird als Backbone verwendet, um die Funksysteme und den CCP zu verbinden.

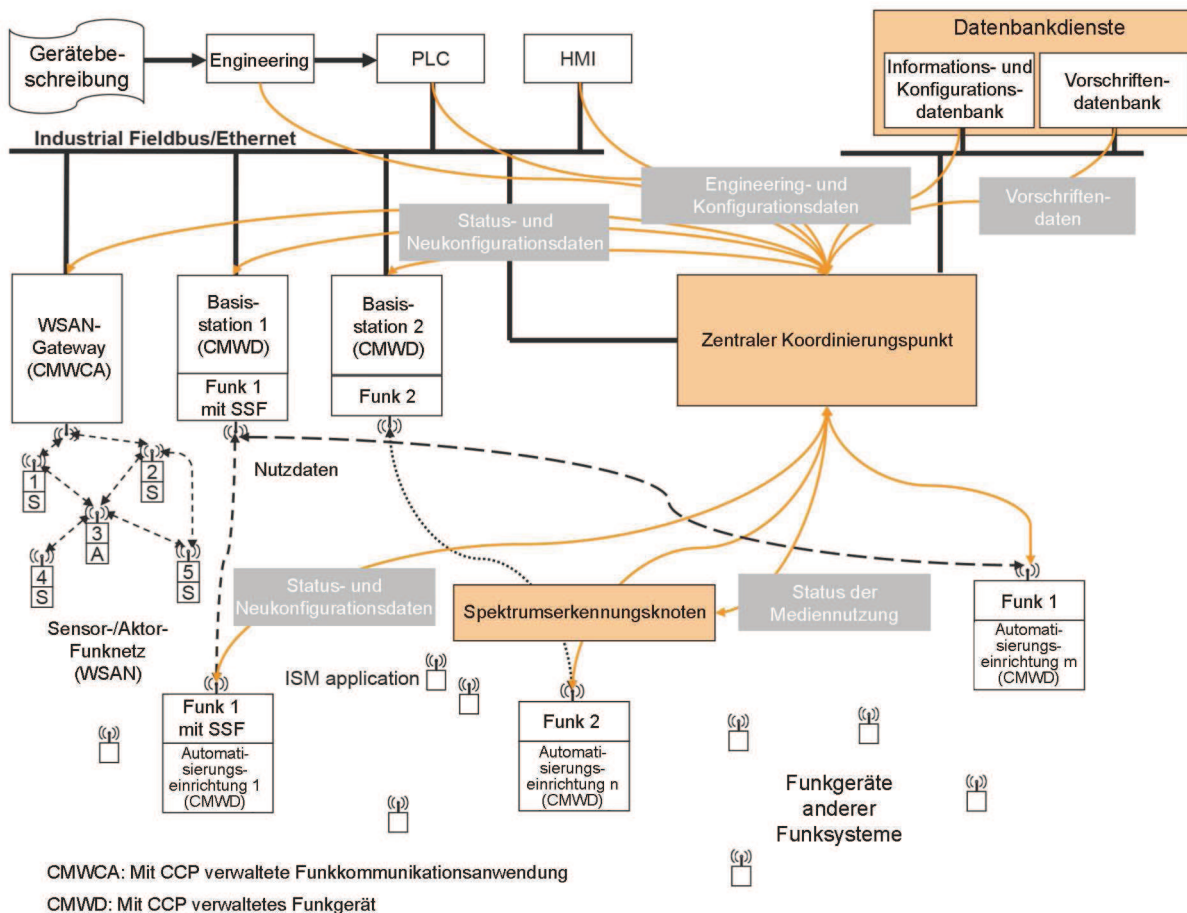


Bild 6 – Datenaustausch im zentral koordinierten Koexistenzmanagementsystem

In Bild 6 ist der Datenaustausch zwischen den Elementen eines zentral koordinierten Koexistenzmanagementsystems dargestellt. Der zentrale Koordinierungspunkt (CCP) ist das Schlüsselement des Koexistenzmanagementsystems. Der CCP trifft Entscheidungen zum Koexistenzmanagement auf der Grundlage von technischen Basisdaten, Informationen aus Datenbanken und aktuellen Messungen des Anwendungsverhaltens und des Spektrums. Aktuelle Messwerte des Anwendungsverhaltens und des Spektrums können für Funksysteme über ihr zentrales Gerät, z. B. eine Basisstation, oder direkt von Funkgeräten gesammelt werden. Im ersten Fall gibt es nur eine Verbindung zwischen dem CCP und der zentralen Komponente, wie beim WSAN in Bild 6. Dann ist die Anwendung, die das WSAN nutzt, eine mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen (en: CCP managed wireless communication application, CMWCA). Im anderen Fall gibt es Verbindungen vom CCP zu den Funkgeräten, wie bei Funksystem 1 und Funksystem 2. Diese werden dann als mit CCP verwaltete Funkgeräte (en: CCP managed wireless device, CMWD) bezeichnet. Der Austausch von Koexistenzdaten kann direkt zwischen CCP und CMWD oder über das zentrale Gerät des WCS erfolgen. Aktuelle Messwerte des Spektrums werden auch vom Spektrumserkennungsknoten (SSN) bereitgestellt.

Der CCP verwaltet die verfügbaren Ressourcen, das Spektrum, die Zeit und den Raum und weist der CMWCA und/oder dem CMWD Ressourcen in Abhängigkeit von den Anforderungen der Automatisierungsanwendung zu. Das zentrale Gerät der CMWCA empfängt die Ressourceninformationen, agiert als Sendestation und verwaltet die registrierte und verbundene Empfangsstation der CMWCA. Daher verwendet die CMWCA

verfügbare Spektrumsressourcen mit zusätzlichen Informationen zur Spektrumsnutzung durch ihre benachbarte CMWCA und zu primären Funksystemen.

5.2 Systemelemente

5.2.1 Funksysteme und Funkgeräte für Automatisierungsanwendungen

5.2.1.1 Funkgerät mit adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung je Gerät

Funkgeräte mit adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung je Gerät müssen die benötigten adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung für das zugewiesene Frequenzband, z. B. dynamische Frequenzwahl und Frequenzagilitätsmechanismen, zur Verfügung stellen. Das manuelle Koexistenzmanagement nach IEC 62657-2 kann für die systeminterne Koexistenz angewendet werden, kann jedoch nicht die zur Erfüllung rechtlicher Anforderungen notwendigen Mechanismen (z. B. Schutz des primären Funksystems) ersetzen. IEC 62657-2 sollte implementiert werden, um das Medium in einer Industrie-Umgebung effizienter nutzen zu können, wenn das Gerät nicht Teil des CCP-Konzepts sein kann.

5.2.1.2 Mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen und Funkgeräte

Die mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendung (CMWCA) oder mit CCP verwaltete Funkgeräte (CMWD) werden vom CCP überwacht, verwaltet und gesteuert. Eine mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendung vereint alle zugehörigen Funktionen in einem Funkgerät, die erforderlich sind, damit es die Rolle als Sendestation für die Funkkommunikationsanwendung und als Empfangsstation für den CCP erfüllen kann. Die mit CCP verwalteten Funkgeräte dienen nur für den CCP als Empfangsstation und können in einem Funkkommunikationssystem (en: wireless communication system) die eines Endpunkts oder einer Infrastrukturkomponente einnehmen, wie in Bild 7 dargestellt. Mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen und -geräte dürfen Funkdatennachrichten nicht selbsttätig übertragen. Wird die Kommunikation zwischen dem CCP und mit CCP verwalteten Funkgeräten hergestellt und ermöglicht der CCP die Übertragung, kann das mit CCP verwaltete Funkgerät Funkdatennachrichten mit oder ohne adaptive Verfahren und/oder Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung übertragen. Wenn bei der Kommunikation zwischen CCP und dem mit CCP verwalteten Funkgerät ein Fehler auftritt und die gesetzlich vorgeschriebene Minderung nicht im Gerät vorhanden ist oder das Gerät keinen Zugriff auf die Antenne hat, muss die Funkübertragung unterbrochen werden. Ein Heartbeat-Signal oder ähnlicher Mechanismus muss die Überwachung der Kommunikation zwischen CCP und mit CCP verwalteter Funkkommunikationsanwendung und -gerät ermöglichen.

In mit CCP verwalteten Funkgeräten können Spektrumserkennungsfunktionen implementiert sein. Diese können in das übergeordnete Spektrumserkennungssystem integriert werden (siehe 5.2.4).

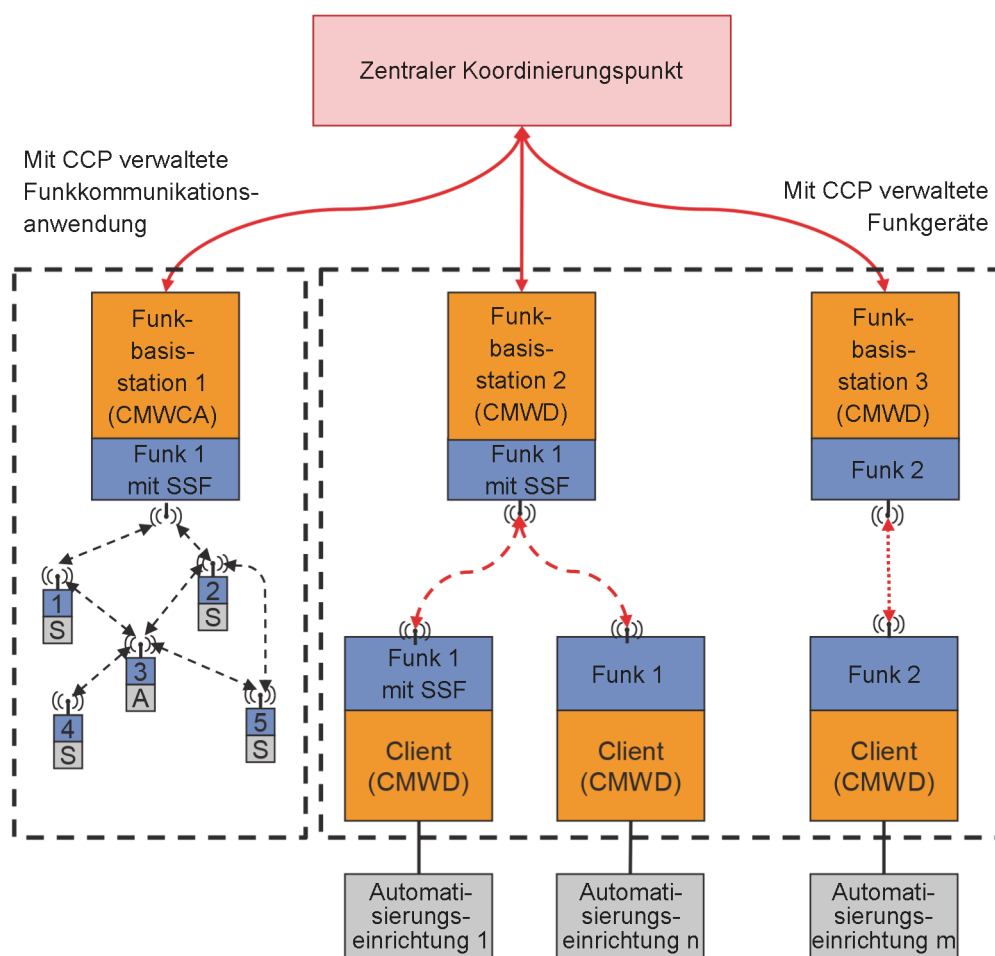


Bild 7 – Mit CCP verwaltete Funkgeräte und mit CCP verwaltete Funksysteme

Funkgeräte in CMWCA, die keine aktive Spektrumserkennung durchführen, um Strom zu sparen, verfügen über eingeschränkte Erkennungsfähigkeiten und sind daher dynamischen Störungen ausgesetzt. In diesem Zusammenhang kann das Spektrumserkennungssystem spezielle Erkennungsmessungen durchführen, um ein Funksystem zu unterstützen, das aus derartigen energiesparenden Funkgeräten mit eingeschränkten Erkennungsfähigkeiten besteht.

5.2.1.3 Mit CCP verwaltetes Funkgerät mit adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung je Gerät

Funkgeräte mit adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung je Gerät, die gleichzeitig von einem CCP gesteuert werden, müssen die in 5.2.1.1 beschriebenen Anforderungen erfüllen.

Wird die Kommunikation zwischen dem CCP und einer CMWCA oder einem CMWD hergestellt und ermöglicht der CCP die Übertragung, kann das Funkgerät oder Funksystem die Übertragung ohne adaptive Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung durchführen. Wenn bei der Kommunikation zwischen dem CCP und einer CMWCA oder einem CMWD, muss die Übertragung den adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung entsprechen.

5.2.2 Zentraler Koordinierungspunkt

5.2.2.1 Allgemeines

Der zentrale Koordinierungspunkt (CCP) ist ein zentrales Koordinierungsgerät oder -system zur Verwaltung heterogener Funkinfrastrukturen für Automatisierungsanwendungen. Wie in Bild 8 dargestellt, besteht der CCP

aus einem Zugang zu Backplanes, einem Zugang zum HF-Kanal, einer Spektrum-Engine, einer Ressourcen-Engine und einer Richtlinien-Engine.

Die Aufgaben des CCP sind:

- Verwaltung (Steuerung und Koordinierung) einer heterogenen Funkkommunikationsinfrastruktur für Automatisierungsanwendungen;
- Herstellung eines automatisierten Koexistenzmanagements innerhalb einer heterogenen Funkkommunikationsinfrastruktur für Automatisierungsanwendungen;
- Berücksichtigung der Anforderungen der Automatisierungsanwendungen;
- Erkennung und Schutz der Funkkommunikationsanwendungen;
- Berücksichtigung und Erfüllung regionaler rechtlicher Anforderungen an Funkkommunikationssysteme und Funkgeräte mithilfe der Standortbestimmung.

Der CCP muss:

- eine drahtgebundene Verbindung oder Funkverbindung zur Informations- und Konfigurationsdatenbank herstellen, welche die Standortbestimmungs- und Mediennutzungsdaten von Funkkommunikationsanwendungen und primären Funksystemen enthält;
- primäre Funksysteme erkennen und die geeignete Minderungstechnik auswählen, um diese Systeme zu schützen;
- die Anforderungen der Automatisierungsanwendungen abfragen (siehe IEC 62657-2) und der CMWCA und dem CMWD entsprechende Ressourcen zuweisen;
- eine drahtgebundene Verbindung oder Funkverbindung zur CMWCA und zum CMWD herstellen;
- eine drahtgebundene Verbindung oder Funkverbindung zur Vorschriftendatenbank herstellen.

Wenn mehr als ein CCP in einer bestimmten Konfiguration verwendet wird, muss die drahtgebundene Verbindung oder Funkverbindung direkt oder indirekt zwischen den CCPs hergestellt werden. Es gelten die gleichen Anforderungen wie an einen einzelnen CCP.

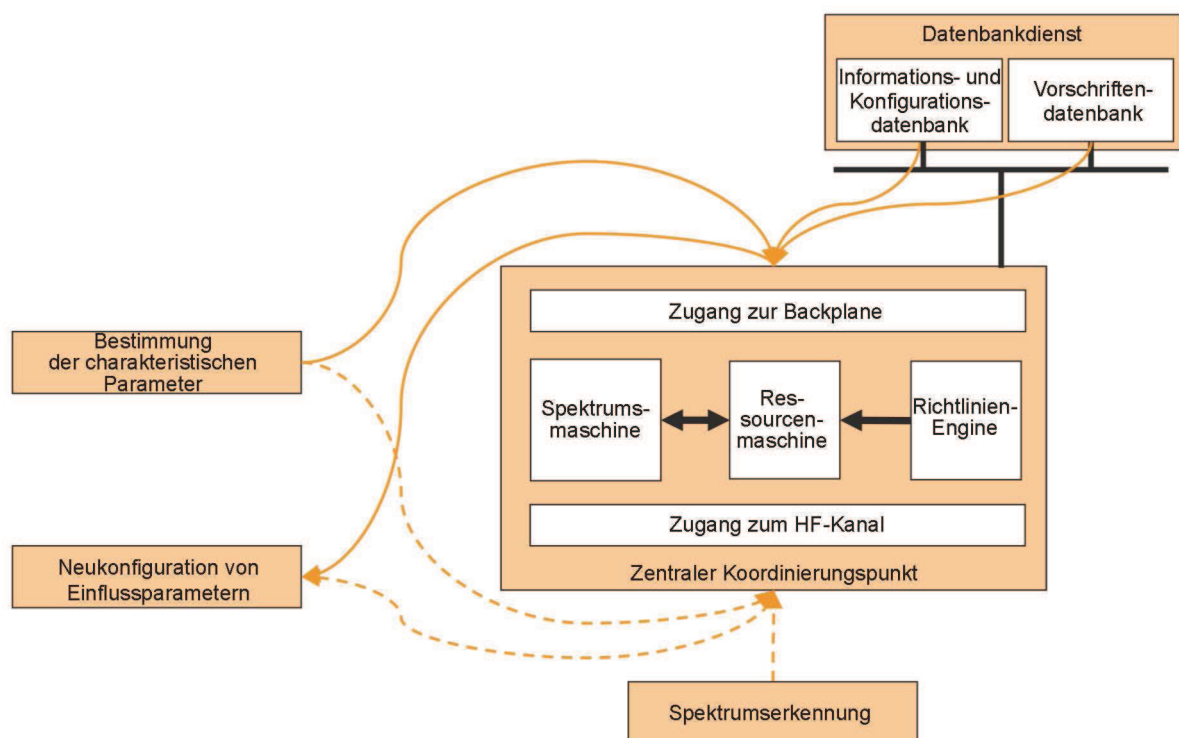


Bild 8 – Übersicht über CCP

5.2.2.2 Spektrum-Engine

Die Spektrums-Engine (SE) ist eine Management- und Steuerungsfunktion und eine Einheit des CCP. Die SE zentralisiert alle Entscheidungen über die Nutzung des Mediums für verschiedene Funkkommunikationsanwendungen, wobei Informationen über die Verfügbarkeit des Mediums und die standortspezifische Nutzung des Mediums berücksichtigt werden.

Zusammenfassend muss die SE für Folgendes verantwortlich sein:

- Pflege der Informationen zu Medienverfügbarkeit und Mediennutzung;
- Klassifizierung und Auswahl von Kanälen;
- Zuordnungssteuerung;
- Kanaleinstellungsmanagement;
- Zugriff auf den Datenbankdienst;
- Zeitsteuerung der Spektrumserkennung;
- Kanalwechselentscheidungen für ein oder mehrere mit CCP verwaltete Funksysteme oder Funkgeräte für Automatisierungsanwendungen;
- Unterstützung der Koexistenz von Funkkommunikationsanwendungen;
- Berücksichtigung von primären Funksystemen und anderen Funkanwendungen;
- Herstellung einer drahtgebundenen Verbindung oder Funkverbindung zu den mit CCP verwalteten Funkkommunikationsanwendungen und -geräten;
- Herstellen einer Verbindung zur Ressourcen-Engine.

5.2.2.3 Ressourcen-Engine

Die Ressourcen-Engine (RE) ist eine Management- und Steuerfunktion und eine Einheit des CCP. Die RE zentralisiert alle Informationen zu Automatisierungsanwendung, Anforderungen an die Anwendungskommunikation und allgemeinen Anlageneigenschaften. Diese Informationen müssen im Hinblick auf die Nutzung des Funkmediums durch die Funkkommunikationsanwendungen analysiert und verarbeitet werden. Die RE muss zudem die Einschränkungen aufgrund von Funkvorschriften berücksichtigen.

Die Ressourcen-Engine (RE) im CCP muss für Folgendes verantwortlich sein:

- Zusammentragen, Analysieren und Verarbeiten von Engineering- und Automatisierungsanwendungsdaten;
- Bereitstellung von Koexistenz-Steuerungsparametern an die SE unter Berücksichtigung der Einschränkungen und Begrenzungen durch die Funkvorschriften;
- Einhaltung der Anforderungen der Automatisierungsanwendung;
- Pflege und Überwachung der QoS-Informationen der Kommunikationsverbindungen.

5.2.2.4 Richtlinien-Engine

Die Richtlinien-Engine (PE, en: policy engine) ist eine Managementfunktion und eine Einheit des CCP. Die PE zentralisiert alle durch die Funkvorschriften bedingten standortabhängigen Einschränkungen und Begrenzungen zu den genutzten Frequenzbereichen. Die PE muss für Folgendes verantwortlich sein:

- Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen, Einschränkungen und Begrenzungen in Bezug auf den geographischen Standort sowie auf den von den Funksystemen und Funkgeräten für Automatisierungsanwendungen genutzten Frequenzbereich;
- Herstellung einer drahtgebundenen Verbindung oder Funkverbindung zur Vorschriftendatenbank, welche die in den Funkfrequenzregelungen festgelegten standortbezogenen Begrenzungen enthält.

Es ist unmöglich, eine generelle Administrationsgenehmigung für das CC-Konzept zu erhalten. Um die Gewissheit zu haben, dass Hersteller in Produkte investieren können, die konform zu diesem Dokument sind,

ist es wichtig zu wissen, dass ein Hersteller, der Produkte auf den Markt bringt und in Betrieb nimmt, dafür verantwortlich ist, die lokalen und regionalen Richtlinien einzuhalten. Auf den weltweiten Märkten gibt es zwei Prinzipien:

- das Verfahren der Selbsterklärung der Konformität;
- die Bauartgenehmigung.

ANMERKUNG 1 Da es in Europa keine harmonisierte Norm für diese Art von Produkten gibt, besteht das Verfahren darin, eine benannte Stelle um ein Gutachten zu bitten.

ANMERKUNG 2 Die Verantwortung für das Produkt verbleibt beim Hersteller.

Die Produktbeschreibung muss die erforderlichen Informationen zur Beschreibung des Systems enthalten:

- CCP,
- mit CCP verwaltete Funkkommunikationsanwendungen und -geräte,

mit ihren CCP-Dienstschnittstellen zum Betrieb über eine Kommunikationsschnittstelle. Die Kommunikationsschnittstelle könnte zum Beispiel auf IEEE 802.11 basieren. Die CCP-Dienstschnittstellen müssen mit diesem Dokument übereinstimmen.

Tabelle 2 – Grad der Wirksamkeit der Funkautomatisierung

Szenario	Erreichen der Koexistenz	Effizienz des Spektrums
Ohne Koexistenzmanagement	Kaum	—
Mit Koexistenzmanagement	Sehr wahrscheinlich	Nicht effizient
Mit CCP-basiertem Koexistenzmanagement	Sehr wahrscheinlich	Effizient
Mit CCP-basiertem Koexistenzmanagement und ausschließlich gesteuertem Datenverkehr	Sicher	Effizient

Wie in Tabelle 2 dargestellt, wird durch den CCP die Koexistenz von Funkkommunikationsanwendungen besser erreicht als ohne CCP-Konzept. Das bedeutet, dass die Richtlinien-Engine alle relevanten Einschränkungen enthalten muss, um die regionalen und lokalen Anforderungen von Vorschriften, Richtlinien und sonstigen Vorgaben zu erfüllen.

5.2.3 Koordinierungsdatenbank

5.2.3.1 Informations- und Konfigurationsdatenbank

Die Informations- und Konfigurationsdatenbank (en: information and configuration database, ICD) speichert Informationen über die Kommunikationsanforderungen von Automatisierungsanwendungen, mit CCP verwaltete Funkanwendungen, mit CCP verwaltete Geräte, Funksysteme, Funkgeräte mit adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung je Gerät sowie standortspezifische Informationen und funkspezifischen Informationen. Die ICD muss diese Informationen dem CCP zur Verfügung stellen. Die funkspezifischen Informationen müssen Informationen zu den verfügbaren Funkfrequenzen und entsprechenden höchsten EIRP-Werten sowie zu den implementierten adaptiven Verfahren und Mechanismen zur Medienzugriffsteuerung enthalten, die von den betrachteten Funksystemen und Funkgeräten verwendet werden. Dies ermöglicht den Schutz von primären Funksystemen. Die Informationen stammen aus der Dokumentation der Funksysteme und Funkgeräte.

5.2.3.2 Vorschriftendatenbank

Die Vorschriftendatenbank (RD, en: regulation database) enthält Informationen zu den Vorschriften bezüglich der verwendeten Frequenzbänder. Die RD muss Informationen zu den gesetzlich vorgeschriebenen Funkgrenzwerten und zu den primären Funksystemen sowie anderen Funkanwendungen enthalten und angeben, welche Frequenzbänder oder Teile davon während des Betriebs genutzt werden können.

Die RD enthält außerdem Informationen dazu, wie Funkkommunikationssysteme reagieren, wenn ein primäres Funksystem erkannt wird. Die CCP-Richtlinie verwendet die RD, um Funksysteme und Funkgeräte nach den gesetzlichen Vorschriften zu konfigurieren. Die primären Funksysteme sind festgelegt durch:

- Frequenzband;
- Typ des primären Nutzers:
 - Verteidigung (Funkortung);
 - fester Funkdienst;
 - Transport.
- Betriebseigenschaft des primären Nutzers:
 - statisch;
 - dynamisch (Zeit);
 - dynamisch (Standort);
 - dynamisch (Zeit und Standort).

Primäre Funksysteme können eine Reihe von Nachteilen für Funkkommunikationssysteme und damit beispielsweise für Funkkommunikationsanwendungen (WCA) mit sich bringen:

- reduziertes Frequenzband;
- reduzierte Abdeckung;
- verringerte Kapazität;
- verlangsamter Zugang zum Spektrum.

5.2.4 Spektrumserkennungssystem

Das Spektrumserkennungssystem (SSS) ist eine Kombination aus dedizierten Spektrumserkennungsknoten (SSN) und Spektrumserkennungsfunktionen (SSF) und ist in die Funkgeräte für Automatisierungsanwendungen integriert. Das SSS muss dem CCP kontinuierlich Mediennutzungsinformationen bereitstellen. Das SSS beobachtet das Spektrum innerhalb des lokalen Industriebereichs und in dessen Umgebung, um das Vorkommen von Funkanwendungen einschließlich primärer Funksysteme zu ermitteln. Dieser Vorgang wird als Erkennung bezeichnet und berücksichtigt die Parameter des Funkkanals, der bekannten Funkanwendungen, der Automatisierungsanwendung und der Umgebung. Darüber hinaus können die ermittelten Spektralwerte Informationen über den Standort eines sendenden Funkgeräts liefern.

Die Spektrumserkennung ist im Allgemeinen ein passiver Vorgang und darf Funkanwendungen nicht beeinträchtigen. Die erfassten Signale müssen vom SSS erkannt werden, und die Parameter müssen an die SE-Funktion im CCP übertragen werden. Die Parameter geben den Frequenzbereich, das Energieniveau und die Belegungszeit an und identifizieren so das Funkmuster des Senders. Anhand dieser Informationen kann die SE primäre Funksysteme, Funkkommunikationssysteme und -geräte, ISM-Anwendungen und andere Funkanwendungen charakterisieren, katalogisieren und klassifizieren.

Die Spektrumserkennungsknoten (SSN) implementieren auf unabhängige Weise spezielle Verfahren zur Erkennung der Funkfrequenzumgebung innerhalb und außerhalb der lokalen Automatisierungsumgebung. Die SSN müssen die Funkfrequenzumgebung kontinuierlich abtasten und an den CCP melden, damit dieser den Status der Medienressourcen aktualisieren kann.

Die Spektrumserkennungsfunktion (SSF) befindet sich in der CMWCA und im CMWD. Die SSF in der CMWCA implementiert auf unabhängige Weise spezielle Verfahren zur Erkennung der Funkfrequenzumgebung, und

zwar während der Initialisierung der Sendestation und vor der Registrierung einer Empfangsstation bei der Sendestation sowie während des Betriebs.

Die SSF in einem CMWD muss die grundlegenden Merkmale enthalten, um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu ermöglichen, wenn das Gerät nicht unter der Kontrolle der Sendestation des WCS steht, z. B. während der Initialisierung oder während eines Kanalwechsels. Wenn sich ein CMWD im Leerlauf befindet, muss die SSF eine Außerbanderkennung durchführen und an die Sendestation melden, damit diese den Status der Kanäle in der Liste der Ausweich-/Kandidaten-Kanäle aktualisieren kann. Zu jedem anderen Zeitpunkt werden SSF im CMWD vom CCP gesteuert. Wenn die Sendestation nicht sendet, ist die SSF dennoch aktiv, um die Außerbanderkennung durchzuführen. Die SSF kann dann auch eine Erkennung durchführen, um die Kanäle freizugeben.

Das CMWD kann in Bezug auf die Verarbeitungskapazität, die Speicherressourcen oder den Energiebedarf (Batteriebetrieb) Einschränkungen unterliegen. In diesen Fällen können die folgenden Maßnahmen angewendet werden.

- Das SSF wird nicht unmittelbar nach der Registrierung des CMWD gestartet, sondern auf Befehl vom CCP.
- Die SSF erfasst nur den Frequenzbereich, den das Funkgerät für den Betrieb nutzen kann.
- Die SSF kann ausgesetzt werden, um Batteriekapazität zu sparen.

Diese Einschränkungen bei der Spektrumserkennung können durch die Verwendung von Informationen aus dem SSN und/oder durch die selektive Aktivierung von SSF und die Durchführung umfassender Datenanalysen ausgeglichen werden.

5.3 Protokollreferenzarchitektur

5.3.1 Allgemeines

Das in Bild 9 dargestellte Protokollreferenzmodell (PRM) für mit CCP verwaltete Funkautomatisierungsanwendungen und -geräte ist in drei Teile unterteilt. Der konventionelle Funkgerätestapel überträgt die Benutzerdaten. Er wird als Benutzerebene oder Datenebene bezeichnet. Das CCP-Stapelmanagement stellt die CCP-Management- und Steuerungsdienste des Geräts nach Abschnitt 8 bereit. Die CCP-Schnittstelle enthält die Funktionen der Management-/Steuerungsebene und schafft eine neue Koordinierungsebene zur Unterstützung der zentralen Koordinierungsfunktionen.