

DIN IEC 60533

ICS 47.020.60

Ersatz für
DIN IEC 60533:2010-11**Elektrische und elektronische Anlagen auf Schiffen –
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Schiffe mit Metallrumpf (IEC 60533:2015)**

Electrical and electronic installations in ships –
Electromagnetic compatibility (EMC) –
Ships with a metallic hull (IEC 60533:2015)

Installations électriques et électroniques à bord des navires –
Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Bateaux à coque métallique (IEC 60533:2015)

Gesamtumfang 66 Seiten

DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	7
Vorwort	9
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Allgemeines	19
5 EMV-Prüfplan.....	19
5.1 Zweck.....	19
5.2 Prüfaufbau.....	20
5.2.1 Allgemeines	20
5.2.2 Konfiguration des Prüflings.....	20
5.2.3 Interne Verbindungskabel des Prüflings.....	20
5.2.4 Hilfs-Betriebsmittel	20
5.2.5 Verkabelung und Massung	20
5.3 Voraussetzungen für die Prüfung.....	20
5.3.1 Betriebsbedingungen.....	20
5.3.2 Klimatische Umgebungsbedingungen	21
5.3.3 Prüf-Software.....	21
5.4 Bewertungskriterien.....	21
5.5 Umfang der EMV-Prüfungen	21
6 Anforderungen an die Aussendungen.....	22
6.1 Bedingungen während der Prüfung der Aussendung.....	22
6.2 Aussendungsgrenzwerte	26
6.2.1 Allgemeines	26
6.2.2 Aussendungs-Grenzwerte für Betriebsmittel, die auf der Brücke und in der Deckszone installiert sind.....	28
6.2.3 Aussendungs-Grenzwerte für Betriebsmittel, die in der Allgemeinen Energieverteilungszone installiert sind.....	29
6.2.4 Aussendungs-Grenzwerte für Betriebsmittel, die in der besonderen Energieverteilungszone installiert sind.....	29
7 Anforderungen an die Störfestigkeit.....	30
7.1 Prüfbedingungen während der Störfestigkeitsprüfungen.....	30
7.2 Störfestigkeit, Mindestanforderungen	30
7.3 Systemgesichtspunkte	31
8 Prüfergebnisse und Prüfbericht	32
Anhang A (informativ) Allgemeine EMV-Planungs-Verfahren	33
A.1 Einführung	33
A.2 Allgemeine Verfahren	33
A.3 EMV-Management.....	33
A.3.1 Allgemeines	33

A.3.2	EMV-Beratergruppe.....	34
A.3.3	Aufgaben des EMV-Managements	34
A.3.4	Grobe Analyse.....	34
A.3.5	EMV-Anforderungen an Betriebsmittel.....	35
A.3.6	EMV-Schnittstellen-Vereinbarungen	35
A.3.7	Installationsempfehlungen.....	35
A.3.8	Prüfung der Übereinstimmung mit EMV-Bestimmungen.....	36
A.3.9	Zusätzliche Maßnahmen.....	36
A.4	Vollständige EMV-Analyse.....	37
A.4.1	Allgemeines	37
A.4.2	Elektromagnetische Beeinflussungsmatrix (EMV-Matrix)	37
A.4.3	Datensammlung.....	37
A.4.4	Datenverarbeitung.....	38
A.4.5	Vervollständigung der Matrix.....	43
A.4.6	Berechnungen.....	43
A.4.7	Aussagen der Matrix.....	43
A.5	Zusätzliche EMV-Maßnahmen	43
A.5.1	Allgemeines	43
A.5.2	Begrenzung elektromagnetischer Aussendungen	44
A.5.3	Begrenzung elektromagnetischer Beeinflussungen	44
A.6	EMV-Prüfungen	44
A.6.1	Betriebsmittelprüfungen.....	44
A.6.2	System-Prüfungen.....	45
	Anhang B (informativ) Leitlinien zur Risikominderung.....	46
B.1	Anwendbarkeit.....	46
B.2	Allgemeine technische Maßnahmen	46
B.2.1	Allgemeines	46
B.2.2	Betriebsmittel- und Anlagengruppen.....	47
B.2.3	Schirmung	48
B.2.4	Massung	48
B.2.5	Kabelführung (Routing).....	49
B.2.6	Filterung und Überspannungsschutz.....	51
B.3	Spezielle Maßnahmen für die Betriebsmittelgruppen A bis G	54
B.3.1	Allgemeines	54
B.3.2	Maßnahmen für Gruppe A.....	54
B.3.3	Maßnahmen für Gruppe B.....	55
B.3.4	Maßnahmen für Gruppe C.....	56
B.3.5	Maßnahmen für Gruppe D	57
B.3.6	Maßnahmen für Gruppe E.....	57
B.3.7	Maßnahmen für Gruppe F	59
B.3.8	Maßnahmen für Gruppe G.....	60
B.4	Organisatorische Maßnahmen	61
B.4.1	Betrieb an Bord	61
B.4.2	Wartung und Reparatur.....	61
	Anhang C (informativ) EMV-Prüfbericht	63
	Literaturhinweise.....	64

Bilder

Bild 1 — Beispiele für Ports (Anschlüsse)	17
Bild 2 — Schematische Darstellung der Zonen (Beispiel)	27
Bild A.1 — EMV-Analyse, Flussdiagramm	39
Bild A.2 — EMV-Analyse, EMV-Matrix	41
Bild A.3 — EMV-Analyse, Frequenzplan	42
Bild A.4 — EMV-Analyse, Pegelplan	42

Tabellen

Tabelle 1 — Betriebsmittel-Prüfmatrix	23
Tabelle 2 — Aussendungs-Grenzwerte (Brücke und Deckszone)	28
Tabelle 3 — Aussendungs-Grenzwerte (Allgemeine Energieverteilungszone)	29
Tabelle 4 — Mindestanforderungen an die Störfestigkeit für Betriebsmittel	30
Tabelle A.1 — EMV-Matrix — Erläuterungen der Symbole	43
Tabelle B.1 — Signalarten und Kabelkategorien	50

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Internationalen Norm IEC 60533:2015 „Electrical and electronic installations in ships — Electromagnetic compatibility — Ships with metallic hull“ des Technischen Komitees IEC/TC 18 „Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units“.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 132-03-03 AA „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Netzqualität (Sp IEC/TC 18/MT 21, IEC/TC 18/PT 62742)“ in der DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) zuständig.

Die Vorgänger-Ausgaben dieser Norm wurden unter der Annahme erstellt, dass die betrachteten elektrischen Anlagen auf einem Schiff oder Wasserfahrzeug eingebaut sind, dessen Rumpf, tragende Strukturen, wie Schotte und Decks, und Aufbauten aus metallenen Werkstoffen bestehen. Diese Bauweise trägt durch ihre Schirmwirkung dazu bei, dass Anforderungen zur EMV leichter eingehalten werden können.

Schiffe aus nichtmetallinen Werkstoffen, wie Holz oder Kunststoff, besitzen dagegen keine oder nur eine geringe Schirmwirkung. Daraus folgt, dass die obige Annahme für solche Schiffe nicht gilt und die in der vorliegenden Norm festgelegten Anforderungen nicht ausreichen, um die EMV auf diesen Schiffen sicherzustellen.

Aus diesem Grund wurde mit der Erarbeitung einer neuen Norm (IEC 62742, zurzeit Entwurf) für Schiffe mit nichtmetallenen Rumpf begonnen. Gleichzeitig wurde der Anwendungsbereich bei dieser Ausgabe auf Schiffe mit metallenen Rumpf beschränkt.

Die Experten des deutschen Spiegelgremiums, die auch international beim zuständigen IEC/TC 18/PT 62742 mitarbeiten, wurden inzwischen darauf aufmerksam gemacht, dass die Angabe „Metallwerkstoff“ nicht korrekt sei. Es gehe vielmehr um die Werkstoffeigenschaft „Leitfähigkeit“, welche die Ursache für die Schirmwirkung ist. Daraus folgt, dass in der vorliegenden Norm nicht „Schiffe mit einem metallenen Rumpf“, sondern „Schiffe mit einem leitfähigen Rumpf“ gemeint sind. Es ist durchaus vorstellbar, dass in den nächsten Jahren leitfähige Verbundwerkstoffe für Aufbauten oder sogar für ganze Schiffe entwickelt werden. Die Schwierigkeit bei dieser Betrachtungsweise besteht darin, einen Mindestwert für die Leitfähigkeit festzulegen, z. B. mit Hilfe des spezifischen Widerstands.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

CISPR 16-1-1	siehe	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1)
CISPR 16-1-2	siehe	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2)
CISPR 16-1-4	siehe	DIN EN IEC 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4)
CISPR 16-2-1	siehe	DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1)
CISPR 16-2-3	siehe	DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3)
CISPR 17	siehe	DIN EN 55017 (VDE 0565-17)
IEC 60050 (all parts)	siehe	DIN IEC 60050 (alle Teile)
IEC 60068 (alle Teile)	siehe	DIN EN 60068 (alle Teile)
IEC 60099-1	siehe	DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1)
IEC 60099-4	siehe	DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4)
IEC 60364-5-51	siehe	DIN VDE 0100-510
IEC 60364-5-55	siehe	DIN VDE 0100-559
IEC 60384 (alle Teile)	siehe	DIN EN 60384 (VDE 0565) (alle Teile)
IEC 60721 (alle Teile)	siehe	DIN EN 60721 (alle Teile)
IEC 60938 (alle Teile)	siehe	DIN EN 60938 (VDE 0565) (alle Teile)
IEC 60939 (alle Teile)	siehe	DIN EN 60939 (VDE 0565-3) (alle Teile)

IEC 60945	siehe	DIN EN 60945
IEC 61000-4-1	siehe	DIN EN 61000-4-1 (VDE 0847-4-1)
IEC 61000-4-2	siehe	DIN EN 61000-4-2
IEC 61000-4-3	siehe	DIN EN 61000-4-3
IEC 61000-4-4	siehe	DIN EN 61000-4-4
IEC 61000-4-5	siehe	DIN EN 61000-4-5
IEC 61000-4-6	siehe	DIN EN 61000-4-6
IEC 61000-4-11	siehe	DIN EN 61000-4-11
IEC 61000-4-16	siehe	DIN EN 61000-4-16
IEC 61000-6-1	siehe	DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1)
IEC 61000-6-3	siehe	DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3)
IEC 61800-3:2004	siehe	DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07

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

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60533:2010-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Abschnitt Einführung wurde geändert;
- b) Anwendungsbereich und Titel wurden geändert, um die Anwendung der Norm auf Anlagen auf Schiffen mit Metallrumpf zu beschränken;
- c) Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- d) die Erläuterung für den in-situ-Test in 5.1 wurde erweitert;
- e) die Nummerierung der CISPR-Normen in Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 wurde aktualisiert;
- f) der Titel von Anhang B wurde geändert;
- g) die Anforderungen an die Kabelverlegung in Anhang B wurden ergänzt;
- h) ein neuer Anhang C (EMV-Prüfbericht) wurde ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60533: 2010-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 1-1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Messgeräte*

DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 1-2: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Koppleinrichtungen zur Messung der leitungsgeführten Störaussendung*

DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 2-1: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Messung der leitungsgeführten Störaussendung*

DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 2-3: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Messung der gestrahlten Störaussendung*

DIN EN 55017 (VDE 0565-17), *Verfahren zur Messung der Entstöreigenschaften von passiven EMV-Filtern*

DIN EN 60068 (alle Teile), *Umgebungseinflüsse*

DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1), *Überspannungsableiter — Teil 1: Überspannungsableiter mit nichtlinearen Widerständen für Wechselspannungsnetze*

DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4), *Überspannungsableiter — Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze*

DIN EN 60384 (VDE 0565) (alle Teile), *Festkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik*

DIN EN 60721 (alle Teile), *Klassifizierung von Umweltbedingungen*

DIN EN 60938 (VDE 0565) (alle Teile), *Drosseln zur Unterdrückung elektromagnetischer Störungen*

DIN EN 60939 (VDE 0565-3) (alle Teile), *Passive Filter für die Unterdrückung von elektromagnetischen Störungen*

DIN EN 60945, *Navigations- und Funkkommunikationsgeräte und -systeme für die Seeschifffahrt — Allgemeine Anforderungen — Prüfverfahren und geforderte Prüfergebnisse*

DIN EN 61000-4-2, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität*

DIN EN 61000-4-3, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder*

DIN EN 61000-4-4, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst*

DIN EN 61000-4-5, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen*

DIN EN 61000-4-6, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren — Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder*

DIN EN 61000-4-11, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-11: Prüf- und Messverfahren — Prüfungen der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen*

DIN EN 61000-4-16, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-16: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte, asymmetrische Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 150 kHz*

DIN EN 61000-4-1 (VDE 0847-4-1), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-1: Prüf- und Messverfahren — Übersicht über die Reihe IEC 61000-4*

DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-1: Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe*

DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-3: Fachgrundnormen — Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe*

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103):2005-07, *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe — Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren (IEC 61800-3:2004); Deutsche Fassung EN 61800-3:2004*

DIN EN IEC 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit — Antennen und Messplätze für Messungen der gestrahlten Störaussendung*

DIN IEC 60050 (alle Teile), *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch*

DIN VDE 0100-510, *Errichten von Niederspannungsanlagen — Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel — Allgemeine Bestimmungen*

DIN VDE 0100-559, *Errichten von Niederspannungsanlagen — Teil 5-559: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel — Leuchten und Beleuchtungsanlagen*

Vorwort

- 1) Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) ist eine weltweit tätige Standardisierungsorganisation, in der alle nationalen elektrotechnischen Kommissionen (nationale IEC-Komitees) zusammengefasst sind. Ziel der IEC ist es, die internationale Zusammenarbeit im Hinblick auf Standardisierungen in den Bereichen Elektrik und Elektronik zu fördern. Sowohl zu diesem Zweck wie auch als Ergänzung zu anderen Aktivitäten veröffentlicht die IEC internationale Standards, technische Spezifikationen, technische Berichte, öffentlich verfügbare Spezifikationen (Publicly Available Specifications, PAS) und Leitfäden (nachstehend zusammenfassend als „IEC-Publikationen“ bezeichnet). Mit der Erstellung der jeweiligen Publikationen werden technische Komitees betraut, wobei sich jedes am Thema interessierte nationale IEC-Komitee in diese Arbeit mit einbringen kann. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die mit der IEC in Verbindung stehen, sind ebenfalls an der Erstellung der Publikationen beteiligt. Das IEC arbeitet eng mit der Internationalen Organisation für Normung (ISO) zusammen und orientiert sich dabei an gemeinsam vereinbarten, festgelegten Bedingungen.
- 2) Die formalen Entschlüsse bzw. Vereinbarungen der IEC zu technischen Angelegenheiten bekunden, soweit dies möglich ist, einen internationalen Meinungskonsens über die entsprechende Thematik, da in jedem technischen Komitee alle interessierten nationalen IEC-Komitees vertreten sind.
- 3) IEC-Publikationen stellen Empfehlungen für die Anwendung auf internationaler Ebene dar und werden in diesem Sinne von den nationalen IEC-Komitees akzeptiert. Obwohl alle möglichen Maßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass der technische Inhalt der IEC-Publikationen präzise und fehlerfrei ist, kann die IEC nicht haftbar gemacht werden für die tatsächliche Verwendung der Dokumente oder für Fehldeutungen durch Endbenutzer.
- 4) Zur Förderung der internationalen Einheitlichkeit verpflichten sich die nationalen IEC-Komitees, die Inhalte der IEC-Publikationen in ihren jeweiligen nationalen und regionalen Publikationen mit maximaler Transparenz umzusetzen. Jegliche Abweichungen zwischen IEC-Publikationen und den entsprechenden nationalen oder regionalen Publikationen sind in letzteren eindeutig anzuzeigen.
- 5) Die IEC stellt selbst keine Konformitätsbescheinigungen aus. Unabhängige Zertifizierungsstellen erstellen Konformitätsbewertungen und ermöglichen in einigen Bereichen auch den Zugang zu einem IEC-Konformitätszeichen. Die IEC ist nicht für Dienstleistungen zuständig, die von unabhängigen Zertifizierungsstellen durchgeführt werden.
- 6) Jeder Nutzer sollte sich vergewissern, dass ihm die jeweils aktuelle Ausgabe dieser Publikation zur Verfügung steht.
- 7) Weder die IEC noch deren Direktoren, Angestellte, Bedienstete oder Vertreter – einschließlich einzelner Fachleute oder Mitglieder ihrer technischen Komitees oder der nationalen IEC-Komitees – kann bzw. können direkt oder indirekt für Personenschäden, Sachschäden oder sonstige Schäden haftbar gemacht werden. Gleiches gilt für Kosten (einschließlich Anwalts- und Gerichtskosten) und Aufwendungen, die sich aus der Veröffentlichung oder Anwendung dieser oder sonstiger IEC-Publikationen oder die Bezugnahme darauf ergeben.
- 8) Auf die in dieser Publikation aufgeführten normativen Verweisungen wird ausdrücklich hingewiesen. Die Verwendung der Referenzdokumente ist für die ordnungsgemäße Anwendung dieser Publikation unerlässlich.
- 9) Es wird darauf hingewiesen, dass manche Teile der vorliegenden IEC-Publikation möglicherweise Patentrechten unterliegen. Die IEC übernimmt keinerlei Verantwortung für die Ermittlung etwaiger hier genannter Patentrechte.

Die internationale Norm IEC 60533 wurde erstellt vom Technischen Komitee 18 der IEC: *Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units*.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe aus dem Jahr 1999, die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Der Abschnitt Einführung wurde geändert;
- Anwendungsbereich und Titel wurden geändert, um die Anwendung der Norm auf Schiffe mit Metallrumpf zu beschränken;
- Normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- die Erläuterung für den in-situ-Test in 5.1 wurde erweitert;
- die Nummerierung der CISPR-Normen in Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 wurde aktualisiert;
- der Titel von Anhang B wurde geändert;
- die Anforderungen an die Kabelverlegung in Anhang B wurden ergänzt;
- ein neuer Anhang C (EMV-Prüfbericht) wurde ergänzt.

Der Text dieser Norm basiert auf den folgenden Dokumenten:

FDIS	Abstimmungsbericht
18/1460/FDIS	18/1471/RVD

In dem oben genannten Abstimmungsbericht finden sich umfassende Angaben über die im Rahmen der Zustimmung zu dieser Norm geführte Abstimmung.

Diese Publikation wurde in Übereinstimmung mit den ISO/IEC-Richtlinien, Teil 2, erstellt.

Das Komitee hat beschlossen, dass die Inhalte dieser Publikation bis zum „Stabilitätsdatum“ unverändert bleiben. Dieses wird auf der IEC-Webseite unter „<http://webstore.iec.ch>“ für die jeweilige Publikation aufgeführt. Zu diesem Datum wird die Publikation

- erneut bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Neuausgabe ersetzt oder
- überarbeitet.

Eine zweisprachige Version dieser Norm könnte zu einem späteren Zeitpunkt herausgegeben werden.

Einleitung

Elektrische Anlagen auf Schiffen mit elektrischen oder elektronischen Systemen müssen unter vielfältigen Umgebungsbedingungen arbeiten.

Die Begrenzung unerwünschter elektromagnetischer Aussendung stellt sicher, dass durch das betrachtete Gerät kein anderes Betriebsmittel an Bord unzulässig beeinflusst wird. Zweckmäßige Grenzwerte werden festgelegt.

Andererseits muss das Betriebsmittel uneingeschränkt in seiner üblichen elektromagnetischen Umgebung funktionieren. Die Grenzwerte für die Störfestigkeit, die in dieser Norm festgelegt sind, sind unter dieser Annahme ausgewählt worden. Die Betriebsmittel, die in Übereinstimmung mit dieser Norm geprüft und installiert sind, erfüllen die relevanten IMO-Anforderungen. Besondere Risiken, z. B. transiente Überspannungen, die durch das Schalten von Leistungsschaltern hervorgerufen werden, Blitzeinwirkungen sowie elektromagnetische Strahlung von Funksendeanlagen sind mit abgedeckt.

Komplexe elektrische oder elektronische Systeme erfordern eine EMV-Planung in allen Phasen der Entwicklung und der Installation unter Berücksichtigung der elektromagnetischen Umgebung, der Betriebsmittel-Leistungsdaten und gegebenenfalls spezieller Anforderungen.

Diese dritte Ausgabe von IEC 60533 gilt für die elektromagnetische Verträglichkeit aller elektrischen und elektronischen Anlagen auf Schiffen mit Metallrumpf.

Sie basiert auf der Annahme, dass das Schiff so konstruiert ist, dass der Metallrumpf und die Strukturteile elektromagnetische Störungen von außen nach innen und umgekehrt wesentlich abschwächen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Mindestanforderungen für die Aussendung, Störfestigkeit und Leistungskriterien im Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) elektrischer und elektronischer Betriebsmittel für Schiffe mit Metallrumpf fest. Für Schiffe mit nichtmetallenen Rumpf gelten abweichend oder zusätzlich die Anforderungen nach IEC 62742.

Diese Internationale Norm hilft, die relevanten EMV-Anforderungen wie in SOLAS 74, Kapitel IV, Regel 6 und Kapitel V, Regel 17, angegeben, zu erfüllen. Auf diese Internationale Norm wird in IMO Resolution A.813(19) verwiesen.

Der normative Teil dieser Norm ist als EMV Produktfamiliennorm ausgeführt.

Diese Internationale Norm enthält darüber hinaus Leitlinien und Empfehlungen für Maßnahmen, mit denen EMV in elektrischen und elektronischen Anlagen folgender Betriebsmittelgruppen erreicht wird:

- a) Gruppe A: Funksende-/Empfangs- und Navigationsanlagen und -systeme;
- b) Gruppe B: Stromerzeuger und Umformer;
- c) Gruppe C: Betriebsmittel, die mit gepulster Leistung arbeiten;
- d) Gruppe D: Schaltanlagen und Steuergeräte;
- e) Gruppe E: Wechselsprech- und Signalübertragungsanlagen und Steuerungssysteme;
- f) Gruppe F: Nichtelektrische Ausrüstungen und Betriebsmittel;
- g) Gruppe G: Integrierte Systeme.

Die EMV-Fachgrundnorm für die Gruppe A und Gruppe C ist IEC 60945. Die EMV-Anforderungen nach IEC 60945 gelten zusätzlich auch für

- Betriebsmittel auf der Brücke;
- Betriebsmittel in der Nähe von Empfangsantennen;
- Betriebsmittel, die in der Lage sind, die sichere Navigation des Schiffes und die Funkkommunikation zu beeinflussen.

Auswirkungen auf den Menschen, wie Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern und grundsätzliche elektrische Sicherheitsanforderungen wie z. B. Schutz gegen elektrischen Schlag und Spannungsfestigkeitsprüfungen für Ausrüstungen liegen nicht im Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at: www.electropedia.org)

IEC 60945, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems — General requirements — Methods of testing and required test results*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques — Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-16, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-16: Testing and measurement techniques — Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CTISPR 16-1-4, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Antennas and test sites for radiated disturbance measurements*

CISPR 16-2-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-1: Methods of measurement of disturbance and immunity — Conducted disturbance measurements*

CISPR 16-2-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-3: Methods of measurement of disturbance and immunity — Radiated disturbance measurements*

IACS E10, *Test specification for type approval*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-161 und die folgenden Begriffe.

3.1 elektromagnetische Verträglichkeit EMV

Fähigkeit einer Einrichtung oder eines Systems, in ihrer/seiner *elektromagnetischen Umgebung* zufriedenstellend zu funktionieren, ohne in andere Einrichtungen in dieser Umgebung unzulässige *elektromagnetische Störgrößen* einzubringen.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.2 elektromagnetische Beeinflussung

Wirkung elektromagnetischer Größen auf elektrische und elektronische Schaltkreise, Betriebsmittel, Systeme oder den Menschen

3.3 elektromagnetische Störung elektromagnetische Funktionsstörung

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

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Englischen bezeichnen die Begriffe „electromagnetic interference“ und „electromagnetic disturbance“ Ursache und Wirkung, werden aber oft unterschiedslos verwendet.

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

3.4 Beeinträchtigung

<der Funktion> unerwünschte Abweichung des Betriebsverhaltens einer Einrichtung, einer Anlage oder eines Systems vom vorgesehenen Betriebsverhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Beeinträchtigung der Funktion kann ein vorübergehender oder ein andauernder Fehlzustand sein.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

3.5 Ausfall der Funktion

Verlust der Funktion eines Betriebsmittels über das Zulässige hinaus, wobei die Funktion nur durch technische Maßnahmen wiederhergestellt werden kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein besonderer Fall von Ausfall der Funktion ist Zerstörung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Funktionsausfall kann dauernd oder vorübergehend sein:

- Technische Maßnahmen zur Behebung eines dauernden Funktionsausfalles erfordern die Verwendung von Werkzeugen oder Ersatzteilen.
- Technische Maßnahmen zur Behebung eines vorübergehenden Funktionsausfalles erfordern einfache Eingriffe des Bedieners wie Rücksetzen eines Computers oder eine Wiedereinschaltung.

3.6**elektromagnetische Störgröße**

elektromagnetische Erscheinung, die die Funktion einer Einrichtung, einer Anlage oder Systems beeinträchtigen oder lebende oder tote Materie ungünstig beeinflussen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine elektromagnetische Störgröße kann elektromagnetisches Rauschen, ein unerwünschtes Signal oder eine Änderung im Ausbreitungsmedium selbst sein.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-05]

3.7**Störquelle**

<von elektromagnetischen Störungen> Gerät, Einrichtung, oder System, das Spannungen, Ströme oder elektromagnetischen Felder ansteigen lässt, welches als elektromagnetische Störgröße wirken kann

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-23]

3.8**Störsenke**

Gerät, Einrichtung oder System, dessen Funktion durch elektromagnetische Störgrößen beeinträchtigt werden kann

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-24]

3.9**Aussendung****elektromagnetische Aussendung**

Erscheinung, bei der elektromagnetische Energie aus einer Quelle austritt

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.10**Störfestigkeit**

Fähigkeit einer Einrichtung oder Systems, in Gegenwart einer elektromagnetischen Störgröße ohne Beeinträchtigung der Funktion zu funktionieren

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-01-20]

3.11**Kopplung**

Wechselwirkung von Stromkreisen zwischen denen Energie von einem zum anderen übertragen werden kann

3.12**Einfügungsdämpfungsmaß**

logarithmiertes Verhältnis der Leistung, die eine Last aufnimmt, wenn sie direkt von der Quelle gespeist wird, zu der Leistung, welche die Last aufnimmt, wenn ein Zweitort (z. B. ein Filter) zwischen Quelle und Last eingefügt ist

3.13

Reflexionsdämpfungsmaß

α

logarithmiertes Verhältnis des reziproken Wertes des Reflexionsfaktors

$$\alpha = 20 \cdot \lg \frac{1}{r}$$

Dabei ist

r das Verhältnis der rücklaufenden Welle zur hinlaufenden Welle.

Anmerkung 1 zum Begriff: $r = 0$, $\alpha = \infty$, wenn die Impedanz des Schutzkreises dem Wellenwiderstand des angeschlossenen Kabels angepasst ist.

3.14

EMV-Analyse

Erfassung und Auswertung von EMV-Daten zur Bestimmung des Grades der Beeinflussung bei elektrischen Betriebsmitteln

3.15

Beeinflussungs-Matrix

Tabelle, in der die Störquellen und Störsenken einander gegenübergestellt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Am Kreuzungspunkt der Zeilen und Spalten wird der Grad der elektromagnetischen Beeinflussung eingetragen.

3.16

System

Gruppe von Geräten und/oder Komponenten, die ihrer Konstruktion entsprechend zusammenwirken

BEISPIEL Hardware (Steuerungssystem, gesteuertes System), Software, Interaktion mit dem Menschen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das gesamte Schiff mit seinen Betriebsmitteln kann als System betrachtet werden.

3.17

Untersystem

einzelnes Gerät und/oder Komponente, die eine vorgegebene Funktion erfüllen soll und aus einer Anzahl von elektrischen und mechanischen Untereinheiten besteht

3.18

integriertes System

Kombination von Einzelsystemen zur Erfüllung einer bestimmten Funktion

BEISPIEL Integriertes Schiffs ladungsüberwachungssystem mit Sensoren und Betriebsmitteln in unterschiedlichen Zonen.

3.19

Masse

Punkt, Ebene oder Oberfläche, die (nominell) als Nullpotenzial definiert ist und als gemeinsames Bezugspotenzial für elektrische oder elektronische Betriebsmittel dient

BEISPIEL Metallene Schiffsstruktur und sämtliche leitfähig miteinander verbundenen metallenen Teile.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für EMV-Zwecke gleichen die Verbindungen zwischen metallenen Teilen die unterschiedlichen Potenziale aus und erfordern eine niederohmige Impedanz im betrachteten Frequenzbereich. Der betrachtete Frequenzbereich umfasst sowohl Betriebsfrequenzen als auch die Störfrequenzen. Dieser Frequenzbereich und die Abmessungen des elektrischen Betriebsmittels bestimmen den erreichbaren Potenzialausgleich und somit auch die Wirksamkeit der Masse. Die Masse erfüllt nicht in allen Fällen die Anforderungen an Schutzterde hinsichtlich des Personenschutzes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für Schiffe mit nichtmetallener Struktur bilden alle leitfähig miteinander verbundenen Metallpfade (einschließlich der Masseplatte, soweit vorhanden) die gemeinsame Masse.

3.20

Erdung

Errichten einer Potenzialdifferenz zur Minimierung elektrischer Verbindungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Potenzialausgleich“ wird normalerweise genutzt um eine leitende Verbindung zwischen zwei leitfähigen Oberflächen herzustellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Erdung“ wird normalerweise genutzt um Vorkehrung gegen den elektrischen Schock bei der Herstellung einer Verbindung zur Erde vorzubeugen. Zusätzlich können „Erdung/Massung“ genutzt werden um die Erstellung einer Rückverbindung zur Energiequelle herzustellen.

3.21

Typprüfung

Prüfung an einem Musterprüfling, um festzustellen, dass dieser die Anforderungen dieser Internationalen Norm erfüllt

3.22

Port (Anschluss)

definierte Schnittstelle eines Betriebsmittels zur äußeren elektromagnetischen Umgebung, durch welche Störungen eindringen oder ausgesendet werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Leitfähige Schnittstellen können aus Kabeln, Massebändern oder mechanischen Schnittstellen wie metallenen Rohren und Befestigungsmitteln bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist keine Prüfung des Masse-Anschlusses erforderlich.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 1.

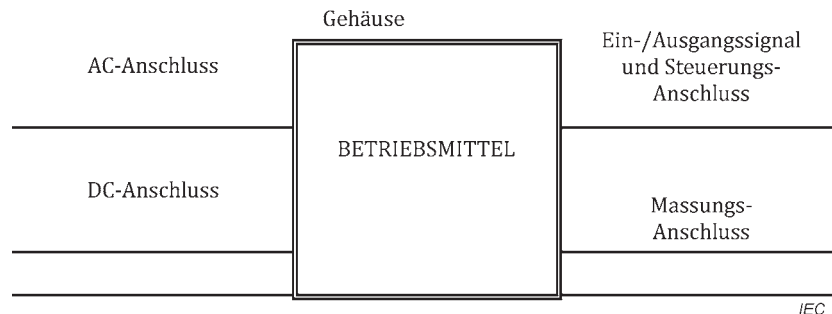


Bild 1 — Beispiele für Ports (Anschlüsse)

3.23

Zone^{N1}

Bereich, der durch die darin befindlichen empfindlichen und/oder störenden Betriebsmittel charakterisiert wird

SIEHE: Bild 2.

N1 Nationale Fußnote: Betrifft elektrische und elektronische Anlagen auf Schiffen.

3.24

Decks- und Brückenzone

Bereiche in geringer Entfernung zu Empfangs- oder Sendeantennen und das Ruderhaus sowie Kontrollräume, die durch die Ausstattung für internen Sprechverkehr, Signalverarbeitung, drahtlose Nachrichtenübertragung und Navigation, Hilfs-Betriebsmitteln und durch große Öffnungen in der Metallstruktur gekennzeichnet sind

SIEHE: Bild 2.

3.25

allgemeine Energieverteilungszone

Bereich, der durch Standardverbraucher gekennzeichnet ist

SIEHE: Bild 2.

3.26

besondere Energieverteilungszone

Bereich, der durch Antriebssysteme, Bugstrahlruder usw. gekennzeichnet ist

SIEHE: Bild 2.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die erzeugten Aussendungen überschreiten die Grenzwerte nach Tabelle 3.

3.27

Wohnbereichszone

Bereich, der durch Betriebsmittel gekennzeichnet ist, die nicht für den Schiffbetrieb wesentlich sind

SIEHE: Bild 2.

BEISPIEL Mannschaftsunterkünfte, Büros, Aufenthaltsbereiche, Fahrgastkabinen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Vorkehrungen sollten getroffen werden, um eine ausreichende Entkopplung der Wohnbereichszone von allen anderen Zonen sicherzustellen.

3.28

Standardverbraucher

Betriebsmittel für den Schiffsbetrieb

BEISPIEL Maschinen, Steuerungen, statische Umformer.

3.29

Kabelauswahl

Zuordnung von Kabelkategorien in Abhängigkeit von Signaltyp und -Pegel

3.30

Kabeltrennung

Verlegung von Kabeln unterschiedlicher Kategorie mit Abstand voneinander, um störende Kopplungen zu reduzieren

3.31

In-situ-Test

Feldversuch

Prüfung am Aufstellungsort, z. B. im Fall von großen und schweren Anlagen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein In-situ-Test kann nicht mit genormten Verfahren unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden. Das bedeutet, nur die Prüfeinrichtungen können genormt werden, nicht aber die Prüf- und Umgebungsbedingungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein In-situ-Test kann z. B. im Fall von großen oder schweren Installationen durchgeführt werden.

3.32

Metallrumpf

wasserdichter Hauptteil des Schiffes oder Schiffskörper aus Metall oder gleichwertig leitfähigem Werkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Metallrumpf elektromagnetische Feldstärken erheblich reduziert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Außerdem werden Maßnahmen getroffen, um Störströme beim Eintritt und beim Austritt des Innendeckbereichs zu reduzieren.

4 Allgemeines

Schiffsbetriebsmittel und -systeme können verschiedenen Arten elektromagnetischer Störungen ausgesetzt sein, die über Versorgungsleitungen oder Steuerleitungen eingeleitet oder direkt aus der Umgebung eingestrahlt werden. Art und Intensität der Störungen hängen von den besonderen Bedingungen ab, in denen das System, Untersystem oder Betriebsmittel installiert ist und unter denen es betrieben werden soll.

Die individuellen Betriebsmittel eines Schiffes können auch die Quelle elektromagnetischer Störungen über einen großen Frequenzbereich sein, geleitet über Versorgungs- und Signalleitungen oder direkt gestrahlt, wobei sie das Betriebsverhalten anderer Betriebsmittel oder die äußere elektromagnetische Umgebung beeinflussen.

Die Bewertungskriterien für die Prüfungen der Störfestigkeitsanforderungen sind gebunden an die Kriterien des Betriebsverhaltens, die als Betriebsanforderungen definiert sind.

Das Ziel der Festlegung von Aussendungsgrenzwerten ist es, sicherzustellen, dass die Störungen, die durch Betriebsmittel und Systeme erzeugt werden, unterhalb der Pegel bleiben, die andere Betriebsmittel und Systeme in ihrer bestimmungsgemäßen Funktion beeinträchtigen könnten.

Die Aussendungsgrenzwerte dieser Internationalen Norm können jedoch keinen angemessenen Schutz gegen Störungen von Rundfunkempfängern sicherstellen, wenn das Betriebsmittel in weniger als 3 m Abstand zur Empfangsantenne betrieben wird, siehe Anhang A.

In besonderen Fällen z. B., wenn ein empfindliches Betriebsmittel in einem Abstand von weniger als 3 m zur Sendeantenne betrieben wird, sind gegebenenfalls zusätzliche Schutzmaßnahmen anzuwenden, um die elektromagnetische Störfestigkeit über die in Abschnitt 7 angegebenen Pegel hinaus, zu erhöhen.

ANMERKUNG Die Mindest-Störfestigkeitsanforderungen in Abschnitt 7 stellen eine typische elektromagnetische Umgebung dar und wurden ausgewählt, um ein angemessenes Niveau an Störfestigkeit von Schiffen sicherzustellen.

5 EMV-Prüfplan

5.1 Zweck

Vor der Durchführung der Prüfung ist ein EMV-Prüfplan aufzustellen. Er muss mindestens die Elemente nach 5.2 bis 5.5 enthalten.

Prüfungen, die in dieser Internationalen Norm festgelegt sind, werden üblicherweise als Typprüfungen durchgeführt und müssen, wenn möglich in einem EMV-Prüflabor durchgeführt werden. Zu den Prüfverfahren wird auf die IEC-Fachgrundnormen verwiesen.

Jedoch in Fällen, in denen eine Typprüfung nicht praktikabel ist (z. B. große Abmessungen des Prüflings, Funktionssteuerung) dürfen individuelle Prüfungen durchgeführt werden. Dies kann, wenn nötig, „in situ“ (im System eingebaut und betriebsfähig) in Übereinstimmung mit einem angepassten Prüfverfahren durchgeführt werden. Der In-situ-Test ist nicht in gleicher Weise reproduzierbar wie in einer Testumgebung. Daher sollte Vorsicht geboten werden, mit den Ergebnissen eines speziellen In-situ-Tests auf die Normenkonformität von Serienprodukten zu schließen.

5.2 Prüfaufbau

5.2.1 Allgemeines

Schiffssysteme sind nicht einheitlich aufgebaut. Typ, Anzahl und Installation der Betriebsmittel, ob einzeln installiert oder integriert, kann von System zu System variieren. Deshalb ist es nicht sinnvoll, jede mögliche Anordnung zu prüfen, sondern es wird empfohlen, Typprüfungen durchzuführen.

Für eine realistische Nachbildung der EMV-Situation (sowohl bezüglich Aussendung als auch bezüglich Störfestigkeit) ist eine Anordnung des Prüflings mit seinen Hilfs-Betriebsmitteln wie Kabel, Stromversorgung usw. aufzubauen, um eine realistische Anlage nachzubilden. Dieser Aufbau muss so weit wie möglich unter üblichen Bedingungen betrieben werden (einschließlich der Software).

5.2.2 Konfiguration des Prüflings

Wenn es sich bei dem Prüfling, der einer Typprüfung unterzogen werden soll, um ein System, Untersystem oder Betriebsmittel handelt, von dem anzunehmen ist, dass es örtlich verteilt installiert ist, sind eine oder mehrere typische Konfigurationen mit allen Prüflingskomponenten auszuwählen, um reale Anlagen nachzubilden. Eine Begründung für die gewählten Konfigurationen muss im EMV-Prüfplan angegeben werden.

ANMERKUNG Das Typprüfzeugnis, das nach der Prüfung ausgestellt wird, ist nur gültig für den Prüfaufbau, wie er im EMV-Prüfplan dokumentiert ist.

5.2.3 Interne Verbindungskabel des Prüflings

Eine hinreichend große Anzahl von internen Verbindungskabeln muss angeschlossen werden. Mindestens ein Verbindungskabel jedes verwendeten Kabeltyps ist während der Prüfungen in einer repräsentativen Konfiguration zu betreiben.

Die Verbindungskabel müssen den genormten Ausführungen, siehe Tabelle B.1, entsprechen. Dort, wo spezielle Kabel gefordert werden, sollte der Hersteller des Prüflings die Spezifikation mitliefern.

5.2.4 Hilfs-Betriebsmittel

Eine Liste aller Hilfs-Betriebsmittel ist vorzulegen. Die aufgezählten Hilfs-Betriebsmittel müssen hinreichen, alle realen Betriebsbedingungen nachzubilden und sicherzustellen, dass alle möglichen Betriebsarten durchgeführt werden können.

5.2.5 Verkabelung und Massung

Der Prüfling ist mit allen notwendigen Kabeln anzuschließen und nach den Spezifikationen des Herstellers und den Installationsanforderungen mit der Masse zu verbinden. Darüber hinausgehende Massung ist nicht zulässig.

5.3 Voraussetzungen für die Prüfung

5.3.1 Betriebsbedingungen

Typische Betriebsarten des Prüflings müssen vor der Prüfung vom Hersteller definiert sein unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die repräsentativen Funktionen der Betriebsmittel geprüft werden können, z. B. analoge Signale bei 0 %, 50 % und 100 % des Nennwertes oder digitale Signale mit typischen Impulsverläufen. Auf die Auswahl kritischer Betriebsarten ist besonders zu achten.