

DIN EN 61907

ICS 33.040.40; 35.110

**Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen (IEC 61907:2009);
Deutsche Fassung EN 61907:2010**

Communication network dependability engineering (IEC 61907:2009);
German version EN 61907:2010

Ingénierie de la sûreté de fonctionnement des réseaux de communication
(CEI 61907:2009);
Version allemande EN 61907:2010

Gesamtumfang 62 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2010-02-01 angenommene EN 61907 gilt als DIN-Norm ab 2010-09-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 61907:2007-10.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 56 „Dependability“ erarbeitet.

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

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

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen
(IEC 61907:2009)

Communication network
dependability engineering
(IEC 61907:2009)

Ingénierie de la sûreté de fonctionnement
des réseaux de communication
(CEI 61907:2009)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-02-01 angenommen. Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1339/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61907, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-02-01 als EN 61907 angenommen.

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

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-02-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61907:2009 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:

- | | | | |
|------|----------------|-----------|---------------------------------|
| [1] | IEC 60300-1 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-1. |
| [2] | IEC 60300-2 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-2. |
| [3] | IEC 60300-3-1 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-3-1. |
| [4] | IEC 60300-3-3 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-3-3. |
| [5] | IEC 60300-3-11 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-3-11. |
| [6] | IEC 60300-3-12 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60300-3-12. |
| [7] | IEC 60812 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 60812. |
| [8] | IEC 61025 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61025. |
| [9] | IEC 61078 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61078. |
| [10] | IEC 61165 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 61165. |

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Abkürzungen	9
4 Überblick über die Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen	9
4.1 Rahmenkonzept für die Netzzuverlässigkeit	9
4.2 Netzlebenszyklus und Netzevolutionsprozess	10
5 Realisierung der Netzzuverlässigkeit	11
5.1 Anwendung der Zuverlässigkeitstechnik	11
5.2 Netztechnologie	20
5.3 Netz-Dienstfunktionen	22
5.4 Netzleistungsfähigkeit	23
5.5 Integrität von Netzdaten und -informationen	26
5.6 Dienstgüte (QoS)	27
6 Bewertung und Messung der Netzzuverlässigkeit	30
6.1 Analyse der Netzzuverlässigkeit	30
6.2 Prüfung der Netzzuverlässigkeit mittels Einbau von Fehlzuständen	31
6.3 Messung von Netzzuverlässigkeitsmerkmalen	32
6.4 Verfahren zur Bewertung der Netzzuverlässigkeit	33
7 Messung der Dienstgüte	35
7.1 Überblick zur Messung der Dienstgüte	35
7.2 Allgemeine nutzerorientierte Dienstgüteparameter und Dienstgüteanforderungen	36
Anhang A (informativ) Allgemeines Modell eines Kommunikationsnetzes und verwandte Konzepte	37
A.1 Allgemeines Modell eines Kommunikationsnetzes	37
A.2 Zusammenspiel der Bereiche, die das Rahmenkonzept der Netzzuverlässigkeit beeinflussen	38
A.3 Referenzmodelle für Kommunikationsnetze	38
A.3.1 OSI-Referenzmodell	38
A.3.2 Referenzmodell für Netze der nächsten Generation	40
A.3.3 Übertragungssteuerungsprotokoll/Internetprotokoll-Modell (TCP/IP)	40
A.4 Beziehungen zwischen Dienstgüte, Zuverlässigkeit und Netzleistungsfähigkeit	40
A.5 Faktoren, die die Zuverlässigkeit beeinflussen	42
Anhang B (informativ) Netzlebenszyklus und Netzevolutionsprozess	45
B.1 Überblick über den Netzevolutionsprozess	45
B.2 Phasen des Netzlebenszyklus	45

	Seite
B.2.1 Konzept- und Definitionsphase	45
B.2.2 Entwicklungsphase	46
B.2.3 Realisierungs- und Integrationsphase	46
B.2.4 Betriebs- und Instandhaltungsphase	47
B.2.5 Verbesserungsphase	47
B.2.6 Stilllegungs- und Außerbetriebsetzungsphase	48
B.3 Netzmanagementprozess und Maßnahmen für die Zuverlässigkeit	48
B.3.1 Netzmanagement und Prozessaktivitäten	48
B.3.2 Prozessschritte für die Phasen des Netzlebenszyklus	49
Anhang C (informativ) Kriterien für die Einrichtung von Netzsicherheitsdiensten	55
C.1 Zielsetzungen für Netzsicherheitsdienste	55
C.2 Bedrohungen der Netzsicherheit	55
C.3 Netzsicherheitsfunktionen und Netzsicherheitsdienste	55
C.4 Verwundbarkeit	56
C.5 Netzsicherheitsschichten	57
Literaturhinweise	59
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	60
 Bild A.1 – Allgemeines Modell eines Kommunikationsnetzes	 37
Bild A.2 – Ein Prozessmodell für das Zusammenspiel der Einflussbereiche	38
Bild A.3 – OSI-Referenzmodell	39
Bild A.4 – Beziehungen zwischen Dienstgüte, Zuverlässigkeit und Netzleistungsfähigkeit	41
Bild B.1 – Netzevolutionsprozess, eingebunden in die Phasen des Netzlebenszyklus	45
 Tabelle 1 – Matrix zur Erfassung der Dienstgütedaten des Nutzers	 36
Tabelle A.1 – Beispiele für Einflussfaktoren der Zuverlässigkeit und deren Bedeutung bezüglich der Verwendung von Netztechnologie	42
Tabelle A.2 – Beispiele für Einflussfaktoren der Zuverlässigkeit und deren Bedeutung bezüglich der Realisierung von Netz-Dienstfunktionen	42
Tabelle A.3 – Beispiele für Einflussfaktoren der Zuverlässigkeit und deren Bedeutung bezüglich der Bereitstellung von Netzleistung	43
Tabelle A.4 – Beispiele für Einflussfaktoren der Zuverlässigkeit und deren Bedeutung bezüglich der Integrität von Netzdaten und -informationen sowie der Gestellung von Dienstgüte	44
Tabelle C.1 – Vier Grundtypen von Ursachen für Verwundbarkeit	56

Einleitung

Kommunikationsnetze werden heute immer komplexer, um die vielfältigen Marktanforderungen und öffentlichen Kommunikationsbedürfnisse erfüllen zu können; Beispiele sind die Netze für Mobilfunk, für elektronischen Geschäftsverkehr, für Intranet und Internetdienste.

Gleichzeitig werden die Kommunikationstechnologien zügig weiterentwickelt, um effiziente Netzdienste anbieten und die für die weltweite Kommunikation nötige Zuverlässigkeit sicherstellen zu können. Die heute unentbehrlichen Kommunikationsdienste wie Informationsaustausch, Datenverarbeitung und Netzverbindungen machen es möglich, dass private und öffentliche Kommunikation kostengünstig erfolgen können. Geschäftliche und private Bereiche hängen weitgehend von diesen Kommunikationsdiensten ab, die grundlegend für deren tägliche Abläufe geworden sind. Ein Schlüsselfaktor für die Sicherstellung der Netzleistungsfähigkeit und der Netz-Dienstfunktionen ist die Zuverlässigkeit.

Netzzuverlässigkeit ist die Fähigkeit eines Netzes, seine Leistung wie und wenn benötigt zu erbringen, um die Kommunikationsanforderungen der Anwender an ununterbrochener Netzleistungsfähigkeit und Dienstbringung zu erfüllen. Aus Anwendersicht bedeutet Zuverlässigkeit, dass die Vorhaltung von Netz-Dienstfunktionen verlässlich und in der Lage ist, den erwünschten Dienst auf Anforderung zu erbringen. Netzzuverlässigkeit wird durch die Attribute ihrer Leistungsfähigkeit beschrieben, zu denen die Verfügbarkeit von Netzleistungsfähigkeit und Dienstgüte zählen.

Das Netzkonzept ist eine Erweiterung des Systemkonzeptes, das sich mit einem allgemeinen Rahmen für die Wechselbeziehungen von Netzelementen und dem Zusammenspiel von Dienstfunktionen, die gemeinsam spezifische Kommunikationsziele erreichen, befasst.

Das Netz erfordert spezifische Leistungseigenschaften, um sowohl seine Dienstfunktionen als auch seine Kommunikationsdienste erbringen zu können. Netzzuverlässigkeitstechnik ist eine spezielle risikobasierte technische Disziplin, die für die verschiedenen Anwendungen und den Einsatz wichtiger Kommunikationsdienste gedacht ist. Im Gegensatz zum Systemlebenszyklus, in dem es Stilllegungen gibt, wird ein Netz selten stillgelegt. Ein Netz entwickelt sich mit der Zeit weiter, um Anwendungen mit innovativen Eigenschaften Rechnung zu tragen und dem Bedarf nach Bereitstellung ununterbrochener Kommunikationsdienste zu genügen. Der Netzlebenszyklus ist evolutionär und muss Technologiekonvergenzfragen und Erneuerungsprozesse ebenso ansprechen, wie spezielle Zuverlässigkeitseigenschaften kennzeichnen, um die Netzleistungsziele zu erfüllen. Die Normung von Netzzuverlässigkeit ist für die rentable Entwicklung und Realisierung von Kommunikationsnetzen unumgänglich.

Die Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen gibt wichtige Leistungseigenschaften vor für die Entwickler und Lieferanten von Netzausrüstung, für Netzintegratoren und für Anbieter von Netz-Dienstfunktionen, die überwiegend mit globalen Wettbewerbsumgebungen zu tun haben. Der hauptsächliche Grund ist, dass die Zuverlässigkeit die Erwirtschaftung von Erträgen ernsthaft beeinflussen und die Rentabilität beeinträchtigen kann. Nutzer von Netz-Dienstfunktionen und Kommunikationsdiensten verlassen sich stark auf Netzfunktionen und zuverlässige Dienste, die für Netzsicherheit und ununterbrochene Netzverbindungen für Sprache, Video und Datenübertragung bürgen.

Diese Internationale Norm gibt einen Überblick über die Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen. Kommunikationsnetze umfassen unter Verwendung von Informationstechnologie Telekommunikationsnetze, Internet und Intra-Netze. Diese Norm beschreibt den Einfluss von Zuverlässigkeitsmerkmalen und deren Auswirkung auf die Netzleistungsfähigkeit. Die Technik und Methodik zur Gestaltung von Netzen und Sicherheitsdienstfunktionen werden ebenso wie die Zuverlässigkeitsbewertung und die Beurteilung der Dienstgüte dargestellt. Damit sollen die Planungs- und Umsetzungsprozesse zur Realisierung von Zielsetzungen für die Netzzuverlässigkeit gelenkt werden.

Diese Internationale Norm ist Teil einer Reihe von Normen zur Systemzuverlässigkeit, wobei sie die Systemzuverlässigkeitskonzepte von IEC 60300-15 auf Netzanwendungen erweitert und die Normen IEC 60300-1 und IEC 60300-2 zum Zuverlässigkeitsmanagement ergänzt. Netzleistungsfähigkeit und Kommunikationsdienste in dieser Norm beruhen auf den Empfehlungen des Telekommunikations-Standardisierungssektors der International Telecommunication Union (ITU-T).

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gibt Anleitungen zur Zuverlässigkeitstechnik für Kommunikationsnetze. Sie legt einen allgemeinen Rahmen für die Netzzuverlässigkeit fest, stellt einen Prozess zur Realisierung der Netzzuverlässigkeit bereit und präsentiert Technik und Methodik zur Gestaltung von Netzen, zur Leistungsbeurteilung, zu Sicherheitsbetrachtungen und zur Messung der Dienstgüte, um die Zielsetzungen für die Netzzuverlässigkeit zu erreichen.

Diese Internationale Norm richtet sich an Entwickler und Lieferanten von Netzausrüstung, an Netzintegratoren und an Anbieter von Netz-Dienstfunktionen zur Planung, Beurteilung und Realisierung der Netzzuverlässigkeit.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60050-191, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-3-15, *Dependability management – Part 3-15: Application guide – Engineering of system dependability*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-191 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Kommunikationsnetz

System aus Kommunikationsknoten und Übertragungsleitungen, das die Übertragung von analogen oder digitalen Signalen ermöglicht

BEISPIELE Telekommunikationsnetze, Internet, Intranet, Extranet, Fernnetze (Wide Area Networks, WAN), Ortsnetze (Local Area Networks, LAN) und Computervernetzung, die Informationstechnologie verwenden.

ANMERKUNG 1 Ein Netz hat seine Begrenzung. Alle Knoten an der Netzgrenze werden Enden genannt. Bei einigen Anwendungen wird die Benennung „Knoten“ anstelle von „Ende“ für einen Kommunikationszugangspunkt zum Netz verwendet, ebenso wie für Zusammenschaltungen von Übertragungsleitungen.

ANMERKUNG 2 Ein „Rückgrat“-Kommunikationsnetz besteht aus dem Kernnetz und Hochgeschwindigkeitsverbindungen (national und international), die größere Vermittlungsstellen (Verknüpfung von Übertragungsleitungen) an verschiedenen Standorten in einem Land oder einer Region miteinander verbinden.

3.1.2

(Netz-)Zuverlässigkeit

Fähigkeit, wie und wenn benötigt, zu funktionieren, um spezifizierte Kommunikations- und operative Anforderungen zu erfüllen

3.1.3

(Netz-)Verfügbarkeit

Fähigkeit, wie und wenn benötigt, unter gegebenen Bedingungen funktionieren zu können, vorausgesetzt, dass die erforderlichen äußeren Hilfsmittel bereitgestellt sind

ANMERKUNG 1 Die Verfügbarkeit wird durch das Zusammenwirken aller Eigenschaften der Funktionsfähigkeit, der Instandhaltbarkeit und der Wiederherstellbarkeit der Einheit bestimmt sowie im Allgemeinen durch die Instandhaltungsbereitschaft.

ANMERKUNG 2 Zu den gegebenen Bedingungen können Aspekte gehören, die die Funktionsfähigkeit, die Instandhaltbarkeit und die Instandhaltungsbereitschaft beeinflussen.

3.1.4

(Netz-)Funktionsfähigkeit

Fähigkeit, unter gegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall wie gefordert zu funktionieren

ANMERKUNG 1 Zu den gegebenen Bedingungen können Aspekte gehören, die die Funktionsfähigkeit beeinflussen, wie etwa Betriebsart, Beanspruchungsniveaus, Umgebungsbedingungen.

ANMERKUNG 2 Funktionsfähigkeit kann durch Verwendung geeigneter Messgrößen, wie etwa der mittleren Dauer bis zum Ausfall, oder der Wahrscheinlichkeit, innerhalb einer festgelegten Zeitspanne nicht auszufallen, quantifiziert werden.

3.1.5

(Netz-)Instandhaltbarkeit

Fähigkeit, in einem Zustand erhalten oder in ihn zurückversetzt werden zu können, in dem das Netz unter gegebenen Einsatz- und Instandhaltungsbedingungen wie gefordert funktionieren kann

ANMERKUNG 1 „Gegebene Einsatzbedingungen“ dürfen Lagerung enthalten.

ANMERKUNG 2 „Gegebene Instandhaltungsbedingungen“ umfassen die zu verwendenden Verfahren und Ressourcen.

ANMERKUNG 3 Instandhaltbarkeit kann durch Verwendung von Messgrößen, wie etwa der mittleren Dauer bis zur Wiederherstellung, oder der Wahrscheinlichkeit der Wiederherstellung innerhalb einer festgelegten Zeitspanne quantifiziert werden.

3.1.6

Instandhaltungsunterstützung

Ressourcen zur Durchführung der Instandhaltung entsprechend einem vorgegebenen Instandhaltungskonzept und gegebener Instandhaltungspolitik

3.1.7

Instandhaltungsbereitschaft

Fähigkeit einer Organisation, festgelegte Netz-Instandhaltungsunterstützung auf Anforderung unter gegebenen Bedingungen durchzuführen

ANMERKUNG Die „gegebenen Bedingungen“ umfassen solche, die mit der Instandhaltungsorganisation und den Bedingungen, unter denen die Einheit eingesetzt und instandgehalten wird, zusammenhängen, sowie relevante Instandhaltungsregeln und -verfahren.

3.1.8

(Netz-)Wiederherstellbarkeit

Fähigkeit, sich ohne Instandsetzung nach einem Ausfall wieder zu erholen

ANMERKUNG 1 Die Fähigkeit zur Wiederherstellung kann externe Aktionen erfordern oder auch nicht.

ANMERKUNG 2 Wiederherstellbarkeit kann quantifiziert werden durch Verwendung von Messgrößen, wie etwa der mittleren Dauer bis zur Wiederherstellung, oder der Wahrscheinlichkeit der Wiederherstellung innerhalb einer festgelegten Zeitspanne.

3.1.9

(Netz-)Element

Subsystem oder Komponente eines Kommunikationsnetzes

BEISPIELE Terminals, Knoten, Übertragungsleitungen und Vermittlungsstellen.

ANMERKUNG 1 Ein Netzelement kann zur Erfüllung seiner Dienstfunktion Eingriffe durch den Menschen erfordern.

ANMERKUNG 2 Netzknoten und Zugangspunkte sind durch Übertragungsleitungen verbunden.

3.1.10

(Netz-)Übertragungsleitung

elektrische, drahtlose oder optische Verbindung zwischen Netzknoten

3.1.11

(Netz-)Leistungsfähigkeit

Fähigkeit, die für die Kommunikation zwischen Nutzern benötigten Dienstfunktionen zu erbringen

[ITU-T Recommendation I.350]

ANMERKUNG Die Netzzuverlässigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit des Netzes, die im Netzbetrieb erforderliche Zuverlässigkeit zur Erfüllung von Netzzielsetzungen und Dienstgüteanforderungen sicherzustellen oder aufzuzeigen.

3.1.12

(Netz-)Management

Nutzung von strukturierten Prozessen und Ressourcen, um Leistung, Konfiguration, Abrechnung, Fehlzustände und Sicherheitsaktivitäten zu managen

3.1.13

(Netz-)Dienstfunktion

Programm oder Anwendung, das bzw. die mit den Nutzern des Netzes interagiert oder innerhalb der Netzinfrastuktur agiert, um Daten und Informationen im Netz zu übertragen oder auszutauschen

ANMERKUNG Eine Netz-Dienstfunktion kann aus Hardware- und Softwareelementen bestehen und Eingriffe durch den Menschen zur Realisierung einer speziellen Funktion erfordern.

3.1.14

Netzdienste

Bereitstellung von Netz-Dienstfunktionen und Kommunikationsdiensten für die Nutzer des Netzes

ANMERKUNG 1 Kommunikationsdienste sind die von den Endnutzern abonnierten Netzdienste.

ANMERKUNG 2 Ein Trägerdienst ist eine Kommunikationsdienstfunktion, die die Übertragung von Signalen mit Anwenderinformation zwischen den Schnittstellen von Anwendernetzen ermöglicht.

3.1.15

Dienstgüte

Gesamtheit der Merkmale einer einem Nutzer gebotenen Dienstleistung, die dessen Zufriedenheit mit dieser Dienstleistung kennzeichnet

3.1.16

Netzausfall

Einbuße der Fähigkeit des Netzes, seine Funktion wie gefordert zu erfüllen

ANMERKUNG Der Ausfall kann beispielsweise auf Geräteausfall, auf Naturkatastrophen oder auf einem vom Menschen verursachten Störfall beruhen.

3.1.17

Netzfehlzustand

Zustand, der durch die Unfähigkeit des Netzes, seine Funktion wie gefordert zu erfüllen, charakterisiert ist

ANMERKUNG 1 Im Kontext von Netzbetrieb kann sich ein Fehlzustand durch einen regelwidrigen Zustand oder eine Störung, die zu einem Ausfall eines Netzelementes führt, auf natürliche Weise ergeben, oder er kann von außen verursacht werden, wie etwa durch Einbringen eines Fehlzustandes.

ANMERKUNG 2 Ein Zustand eingeschränkter Brauchbarkeit bei der Netz-Leistungsfähigkeit ist eine Situation, in der eine oder mehrere Leistungseigenschaften nicht den Anforderungen entsprechen.

3.1.18

Dienstanbieter

Organisation, die Kommunikationsnetzdienste erbringt

BEISPIELE Telefongesellschaften, Datenübertragungsunternehmen, Anbieter drahtloser (Funk-)Kommunikation, Anbieter von Internetdiensten und Betreiber von Kabelfernsehen.

ANMERKUNG Ein Netzbetreiber oder ein öffentlicher Netzbetreiber ist eine Organisation, die ein Produkt oder eine Dienstleistung unter Verwendung eigener Einrichtungen oder der Einrichtungen anderer Netzbetreiber befördert und ihre Dienste der Allgemeinheit anbietet. Die Benennung Kommunikationsnetzbetreiber bezieht sich auf diverse Telefongesellschaften, die lokale Dienste, Ferngespräche oder Mehrwertdienste anbieten.

3.1.19

Nutzer

Gruppe, die die Dienste eines Dienstanbieters für den direkten Netzzugang in Anspruch nimmt

ANMERKUNG 1 Ein Nutzer kann Sender oder Empfänger von Nutzerinformationen oder beides sein.

ANMERKUNG 2 In manchen Situationen wird ein Nutzer eines Kommunikationsdienstes auch Teilnehmer genannt.

3.1.20

(Netz-)Integrität

Fähigkeit, sicherzustellen, dass die Inhalte des Datendurchsatzes zwischen Sendung und Empfang nicht kontaminiert, zerstört, verloren oder verändert werden

3.2 Abkürzungen

E2E	Ende-zu-Ende (en: end-to-end)
FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (en: failure mode and effects analysis)
FTA	Fehlzustandsbaumanalyse (en: fault tree analysis)
IP	Internetprotokoll (en: internet protocol)
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector
LAN	Ortsnetz (en: local area network)
NGN	Netz der nächsten Generation (en: next generation network)
OSI	Kommunikation offener Systeme (en: open systems interconnection)
QoS	Dienstgüte (en: quality of service)
RBD	Zuverlässigkeitsblockdiagramm (en: reliability block diagram)
SLA	Leistungsvertrag (en: service level agreement)
TCP/IP	Übertragungssteuerungsprotokoll/Internetprotokoll (en: transmission control protocol/internet protocol)
WAN	Fernnetz (en: wide area network)

4 Überblick über die Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen

4.1 Rahmenkonzept für die Netzzuverlässigkeit

Ein Kommunikationsnetz besteht aus Netzelementen wie Vermittlungsstellen, Übertragungseinrichtungen, Rechnern, Telefonen und anderen Geräten, die durch Kommunikationseinrichtungen für den elektronischen Informationsaustausch verbunden sind. Die Verbindungen können permanent via Kabel sein, oder sie können temporär über Telefon- oder Internetverbindungen hergestellt werden. Das Übertragungsmedium kann fest (z. B. Glasfaser) oder drahtlos (z. B. satellitengestützter Funk) sein. Es dient vielen Technologien

wie etwa Funk, Fernsehen, Telefon, Datenkommunikation und Rechnernetz, die alle die Informationstechnologie verwenden.

Die Netzbetriebsarten und Funktionen sind facettenreich, erweitern sich ständig und entwickeln sich laufend weiter, wie etwa der elektronische Geschäftsverkehr über das Internet. Die Infrastruktur zur Verbindung unterschiedlicher Arten von Kommunikationssystemen und interagierender Netze ist äußerst komplex. Die Integration ganz verschiedener Netze und Systeme erfordert die sich kontinuierlich entwickelnde Einrichtung von Schnittstellen und Protokollen für die übergreifende Funktionsfähigkeit, um brauchbare Netzverbindungen und Dienstleistungen zu erhalten. Unternehmensmarketing und elektronischer Geschäftsverkehr zwingen oft zur Entwicklung neuer Techniken, die dann wiederum die bisherigen Grundregeln wirtschaftlichen Handelns sowie für die Dienstanwendungen verändern.

Netzplanung ist für die Sicherstellung der Zuverlässigkeit und der Dienstgüte unerlässlich. Es geht darum, solche Netzlösungen zu finden, die die Netzgestaltung und die Anwendung von Dienstfunktionen in technisch sinnvoller Weise kombinieren, damit die einschlägigen Zuverlässigkeitseigenschaften erreicht werden können. Netzzuverlässigkeit bedeutet, dass die Netzleistungsfähigkeit geeignet ist, die Unversehrtheit der Information zu erhalten, und fähig ist, die Netz-Dienstfunktionen zu erbringen, um die Erwartungen der Nutzer ebenso zu erfüllen wie die Bedürfnisse des Dienstansbieters. Das strategische Rahmenkonzept muss geeignete Netzelemente für die Netzkonfiguration festlegen und realisieren, um Zuverlässigkeit und Integrität der Netzleistung zu erreichen.

Im Anhang A werden ein allgemeines Kommunikationsnetzmodell und zugehörige Konzepte beschrieben.

Netzzuverlässigkeit und -dienstfunktionen werden durch diejenigen Zuverlässigkeitseigenschaften geprägt, die für ihre speziellen Anwendungen in den verschiedenen Netz-Lebenszyklusphasen maßgeblich sind. Zu diesen Zuverlässigkeitseigenschaften gehören Leistungskenngrößen von Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit, Instandhaltungsbereitschaft, Wiederherstellbarkeit und Integrität, die in den Netzentwürfen enthalten und in den Netz-Dienstfunktionen für den Netzbetrieb und die Netz-Instandhaltung realisiert sind.

Das Rahmenkonzept für die Zuverlässigkeit von Kommunikationsnetzen besteht aus sechs primären, interagierenden Einflussbereichen:

- a) der Verwendung von Zuverlässigkeitstechnik;
- b) der Nutzung von Netztechnologie;
- c) der Erbringung der Netzleistungsfähigkeit;
- d) der Realisierung der Netz-Dienstfunktionen;
- e) der Integrität der Netzdaten und -informationen;
- f) der Bereitstellung der Dienstgüte.

Diese sechs interagierenden Einflussbereiche bilden die Basis für das Zuverlässigkeitsmanagement von Netzen. Die praktische Anwendung von Zuverlässigkeitsprozessen und -techniken für Netze wird in Abschnitt 5 beschrieben.

4.2 Netzlebenszyklus und Netzevolutionsprozess

Mit der Zeit entwickelt sich ein Netz weiter und ändert sich, um den dynamisch sich ändernden Netzanwendungen und Netzdienstleistungsforderungen in der Kommunikationstechnik zu genügen. Der Prozess der Netzevolution spiegelt sich in den Phasen des Systemlebenszyklus wider, der in IEC 60300-3-15 beschrieben ist und der für Anwendungen auf den Netzlebenszyklus modifiziert wird, um den Erneuerungsprozess mit einzubeziehen. Im Folgenden werden die Phasen des Netz-Lebenszyklus vorgestellt:

- *Konzept- und Definitionsphase* zur Ermittlung der Netzbetriebsszenarien;
- *Entwurfs- und Entwicklungsphase* zur Festlegung der Technologie und Entwicklung der Netz-Dienstfunktionen;
- *Realisierungs- und Integrationsphase* zur Realisierung des Netzbetriebs, Verifizierung und Validierung zur Sicherstellung der Netzleistungsfähigkeit;

- *Betriebs- und Instandhaltungsphase* zur Aufrechterhaltung des Netzbetriebs und Bereitstellung der Netzdienste;
- *Verbesserungsphase*
 - zur Optimierung und Verbesserung der Netzleistungsfähigkeit durch technische Weiterentwicklung und Konvergenz von Dienstfunktionen;
 - zum Hochrüsten und Erneuern weiterlaufender Netzdienste und zum Einführen neuer Funktionen in Netzanwendungen;
- *Stilllegungs- und Außerbetriebnahmephase* zur Einstellung nicht mehr genutzter Dienstfunktionen.

Anhang B beschreibt den Netzlebenszyklus und den Evolutionsprozess.

5 Realisierung der Netzzuverlässigkeit

5.1 Anwendung der Zuverlässigkeitstechnik

5.1.1 Management der Netzzuverlässigkeit

Zuverlässigkeit ist eine technische Disziplin, die mit Hilfe von technischen Grundsätzen und Praktiken angewandt wird. Die Zuverlässigkeitsmanagementsysteme [1]¹⁾ und -leitlinien [2] werden in dieser Norm für die Erarbeitung von Zuverlässigkeitsmanagementstrategien und für die allgemeine Anwendung technischer Vorgehensweisen für die Realisierung von Zuverlässigkeitselementen und -aufgaben genutzt. Für die Behandlung netzspezifischer Managementfragen werden weitere Managementprozesse eingeführt. Zum Zuverlässigkeitsmanagement gehören Projektplanung, Ressourcenzuweisung, Zuweisung von Zuverlässigkeitsaufgaben, Überwachung und Sicherstellung, Ergebnismessung, Datenanalyse und kontinuierliche Verbesserung. Maßnahmen zur Zuverlässigkeit sollten in Verbindung mit anderen technischen Disziplinen durchgeführt werden, um die benötigten Synergieeffekte und einen Mehrwert bei den Projektergebnissen zu erzielen. Für ein kosteneffektives Management von Netzprojekten wird die Bedeutung des Zuschneidens der Projekte hervorgehoben. Gegebenenfalls sollten eine Lebenszykluskostenanalyse [4] und eine Risikobeurteilung [11] für die Ressourcenzuweisung und -optimierung zur Beurteilung der Beschaffungs- und Betriebskosten durchgeführt werden.

Aus der Sicht des Kommunikationsnetzmanagements sollte Zuverlässigkeitsmanagement ein integraler Teil des Netzmanagementprozesses mit Zuverlässigkeitsmaßnahmen sein, die für die Unterstützung von Entwicklung und Realisierung der Netz-Dienstfunktionen über den gesamten Lebenszyklus und für den Netzevolutionsprozess relevant sind. Netzmanagement ist die Ausführung einer Reihe von Managementprozessen für Planung, Steuerung, Zuweisung, Verteilung, Koordinierung, Erhaltung und Überwachung der Ressourcen eines Netzes.

Aus technischer Sicht kann ein Netz als ein komplexes System verstanden werden, das aus mehreren miteinander verbundenen Systemen besteht. Die technischen Prozesse in IEC 60300-3-15 werden zur Beschreibung der Netzlebenszyklusphasen für die Projektrealisierung verwendet. Die Netzlebenszyklusphasen sind modifiziert, um den Prozessbeschreibungen für Netzevolution und Technologiekonvergenz, Optimierung und Erneuerung sowie Obsoleszenz^{N1)} und Stilllegung Rechnung zu tragen. Netzmanagementprozesse und auf Zuverlässigkeit gerichtete Maßnahmen werden für jede Phase des Netzlebenszyklus im Anhang B vorgestellt.

5.1.2 Eigenschaften der Netzzuverlässigkeit

Der grundlegende Satz von Eigenschaften der Netzzuverlässigkeit wird aus Sicht der Netzleistungsfähigkeit abgeleitet. Weitere Eigenschaften können für spezielle Anwendungen hinzugefügt sein.

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise.

^{N1)} Nationale Fußnote: Bleibender Übergang von der Funktionsfähigkeit zur Nicht-Funktionsfähigkeit aufgrund externer Einflüsse [DIN EN 62402, 3.1.16.2].

a) Verfügbarkeit

Die Netzverfügbarkeit spiegelt die Anforderungen der Nutzer unter den folgenden drei Aspekten wider:

- Das Netz hat die Fähigkeit, wie und wenn benötigt zu funktionieren.
- Die Netz-Dienstfunktionen sollten nicht durch Netzfehlzustände beeinträchtigt sein.
- Das Netz kann sich schnellstmöglich wieder erholen, wenn ein Netzfehlzustand seine Dienstfunktionen beeinträchtigt.

b) Funktionsfähigkeit

Die Netzfunktionsfähigkeit kann durch Verwendung von Redundanz und Schutzmechanismen verbessert werden. Für ein Netz mit hohen Anforderungen an die Funktionsfähigkeit sollte der Schutz vor Mehrpunkt-Fehlzuständen erwogen werden. Die Manifestierung von Fehlzuständen wird bei komplexem Netzbetrieb kritischer, vor allem bei der fortgesetzten Verwendung veralteter Geräte, die Kompatibilitätsprobleme haben können.

c) Instandhaltbarkeit

Instandhaltbarkeit spiegelt die Leichtigkeit wider, mit der ein Netz aus einem Fehlzustand oder aus einem Zustand eingeschränkter Brauchbarkeit der Netzleistungsfähigkeit in den Betriebszustand zurückversetzt werden kann. Die Berücksichtigung von Redundanz im Entwurf und der Fähigkeit zum Fehlzustandsmanagement im Netz können die Instandhaltbarkeit beeinflussen. Beispielsweise kann ein zentralisiertes Fehlzustandsmanagement, bei dem Fehlzustandserkennung und Korrekturmaßnahmen durch Fernintervention durchgeführt werden, die Instandhaltungszeit verkürzen.

d) Instandhaltungsbereitschaft

Instandhaltungsbereitschaft hängt von der Ressourcenbereitstellung und deren Management bei der Durchführung von Instandhaltungsaktivitäten ab. Die Gestaltung von Netzzuverlässigkeit erfordert einen Ansatz zur Verringerung der Komplexität der Netzgeräte im Hinblick auf Instandhaltung, leichte Zugänglichkeit für aktive Instandhaltung während des Netzbetriebs, standardisierte Instandhaltungsverfahren, Netzfehlzustandserkennung und -rückverfolgbarkeit und ein ausgereiftes Ersatzteilmanagementsystem. Diese Vorgehensweise bezüglich Entwurfsüberlegungen und Instandhaltungsbereitschaft gilt sowohl für Hard- und Software als auch für die Aufgaben des Personals.

e) Wiederherstellbarkeit

Wiederherstellbarkeit bei der Dienstleistung hängt vom Entwurf der Netzarchitektur, von fehler-toleranten Schutzmechanismen, vom Zugang für Instandsetzungsaktivitäten und von Selbstheilungseigenschaften, die den Netzfunktionen innewohnen, ab. Die Hilfsmittel zur Wiederherstellung können automatisch oder durch externe Aktionen ausgelöst sein.

f) Integrität

Integrität bedeutet, dass das Netz stabil und robust sowie in der Lage ist, Beständigkeit bei Leistung und Nutzung aufrechtzuerhalten. Netzintegrität liefert Sicherheit und Schutz für den Informationstransfer bei Netzleistung und Dienstfunktionen.

5.1.3 Netzausfälle und Netzfehlzustände

5.1.3.1 Netzausfallkriterien

Netzausfallkriterien sollten während der Konzept- und Definitionsphase festgelegt werden und während des gesamten Lebenszyklus des Netzes immer wieder überprüft werden, um eine Klassifizierung und Fortschreibung der Netzausfälle zu ermöglichen.

Ausfallkriterien sollten durch den Netzdienstanbieter auf der Grundlage von Industriestandards sowie relevanten Daten unter Verwendung von Informationen der Nutzer des Netzes festgelegt werden, so dass alle absehbaren Situationen abgedeckt werden können. Diese Informationen werden verwendet

- bei der Festlegung von Zuverlässigkeitsanforderungen an die Lieferanten der Netzausrüstung,
- bei der Ausarbeitung von Verträgen (wie etwa Leistungsverträge (SLA)) über Netzzuverlässigkeitseigenschaften mit den Nutzern der Netzdienste.

Die folgenden Punkte sollten bei der Festlegung von Ausfallkriterien berücksichtigt werden:

- a) Ausfall von Netzknoten und Übertragungsleitungen: Der Ausfall von Netzknoten und Übertragungsleitungen schließt Total- und Teilausfall ein. Ein Totalausfall ist der Verlust der Funktionalität des gesamten Netzes für eine bestimmte Zeitspanne. Ein Teilausfall ist der Verlust der Funktionalität eines Teils des Netzes.
- b) Driftteilausfall der Dienstgüte (quality of service (QoS)): Ein Driftteilausfall beruht auf einem nicht-akzeptablen Niveau der Dienstgüte bei der Bereitstellung der Netzdienstleistung für die Nutzer. Netzdienstleister sammeln routinemäßig Dienstgütedaten durch Messung und Umfragen, um das Niveau der Dienstgüte zu ermitteln.

5.1.3.2 Klassifizierung von Netzausfällen

Die meisten Netzausfälle können nach ihren mutmaßlichen Gründen unterteilt werden, so dass Ausfallanalyseergebnisse zur Verbesserung der Netzzuverlässigkeit in Kategorien gegliedert werden können:

- *einrichtungsspezifischer Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf Ausfälle einzelner Netzelemente, deren Ausfallratendaten für die Vorhersage der Zuverlässigkeitskenngrößen der zugehörigen Knoten und Verbindungsleitungen verwendet werden können.
- *verkehrsflussspezifischer Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf die Betriebsszenarien für Netzdienstverkehr, der sich entsprechend den Nutzungsanforderungen der Nutzer des Netzes ändert. Der Netzentwurf sollte die Nutzungsanforderungen der Nutzer berücksichtigen und eine Planung der Netzverkehrskapazität enthalten, die den meisten Betriebsszenarien Rechnung trägt, um auf diese Weise eine Verschlechterung des Netzdienstes zu vermeiden.
- *katastrophenbedingter Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf Ausfälle, die menschlichen Ursprungs sind oder von Naturkatastrophen verursacht werden. Manchmal können die Netzeinrichtungen im Katastrophengebiet vollständig zerstört sein.
- *sicherheitsbedingter Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf Ausfälle, die durch ungenügende Sicherheit verursacht werden, so dass unautorisiertes Eindringen wie etwa Hackerangriffe, Internetangriffe oder Sabotagetätigkeiten nicht verhindert werden.
- *geplanter, maßnahmenbezogener Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf Ausfälle, die während geplanter Maßnahmen zur Netzinstandhaltung auftreten, wie etwa Softwarehochrüstung, was dazu führt, dass das Netz vorübergehend außer Betrieb ist.
- *durch menschliche Faktoren bedingter Netzausfall* – Dieser bezieht sich auf Ausfälle, die auf menschlichen Fehlern, Fehlbedienung oder Nachlässigkeit, wie etwa Fehlern beim Netzentwurf, Konfigurationsfehlern, oder Fehlern beim Verwalten von Softwareversionen, beruhen.

5.1.3.3 Netzfehlzustandsbedingungen

Ein Netzausfall verkörpert ein Ereignis während Netzbetrieb und -instandhaltung, bei dem das Auftreten einer Unregelmäßigkeit oder Fehlfunktion in der Leistungsfähigkeit wahrgenommen wird. Eine dem Ausfallereignis zugehörige Fehlzustandsbedingung beschreibt den Fehlzustandsstatus oder den Status der beobachteten Fehlzustandsbedingung. In der Praxis ist die Ursache vorliegender Netzausfälle bei der Erstbeobachtung oft nicht bekannt für die Störungsberichterstattung. Der Störungsbericht enthält die beobachteten Symptome des Fehlzustandes oder die Fehlzustandsbedingungen für die Unfähigkeit des Netzes, seine Funktion auszuführen. Die Komplexität der Netzoperationen, die Beteiligung diverser Dienstfunktionen und die zeitliche Beschränkung, die Netzdienste wiederherzustellen, verhindern oft weitergehende Untersuchungen der Ausfallsituation. Unter solchen Fehlzustandsbedingungen haben die Umsteuerung, der Neustart und die Wiederherstellung der ausgefallenen Dienstfunktionen zur Wiederherstellung normaler Netzdienste Priorität. Die Berichterstattung über Netzstörungen sollte das Ausfallsymptom erfassen, um angemessene Folgeaktivitäten auszulösen und, wo zweckmäßig, die Ausfallursache zu ermitteln. Entsprechende Informationen, die in der Störungsberichterstattung aus Netzbetrieb und -instandhaltung erfasst sind, sind eine wichtige Quelle von Ausfalldaten für die Realisierung eines wirksamen Netz-Fehlzustandsmanagementsystems.

5.1.3.4 Netz-Fehlzustandsmanagementsystem

Das Netz-Fehlzustandsmanagementsystem ist ein Netzdienstunterstützungssystem. Es erlaubt die Berichterstattung von Ausfallereignisdaten und die Erfassung der beobachteten Fehlzustandsbedingungen zur Unterstützung von Handhabung und Behebung von Netzfehlzuständen. Das Fehlzustandsmanagementsystem besteht aus einem Satz von Unterstützungsfunktionen zum Entdecken, Isolieren und auch Kompensieren von, wo zutreffend, umfeldbedingten Änderungen ebenso wie zum Korrigieren von Netzfehlfunktionen. Das System ist mit dem Ziel entworfen und eingesetzt, die Wiederherstellung des Netzdienstes für das Verfolgen und Erkennen von Fehlzuständen zu unterstützen, Diagnoseprüfungen durchzuführen, Fehlzustände zu beheben, Alarm auszulösen und Fehlzustandsbedingungen zu berichten, Fehlzustandsprotokolle zu führen und Fehlzustandserkennungsmeldungen (siehe 5.1.5.3) abzusetzen. Ein Netz-Fehlzustandsmanagementsystem ist ein wichtiges Instrument für die Unterstützung der Netz-Dienstfunktionen.

5.1.4 Festlegen von Anforderungen an die Netzzuverlässigkeit

5.1.4.1 Ermitteln der Anforderungen an die Netzzuverlässigkeit

Das Sammeln von Informationen hilft, die Marktbedürfnisse für ein neues oder erweitertes Netz zu erkennen. Das Ziel ist, die kommerziellen und technischen Anforderungen für die Netzentwicklung und zur Dienstverbesserung festzulegen. Informationen können aus verschiedenen Quellen kommen.

- a) *Informationen für die Erweiterung eines alten Netzes* – Im Netzentwurf könnte das existierende Netz als Basis für Erweiterung oder Verbesserung dienen, wie etwa für den Ausbau existierender Dienstleistungseinrichtungen und die Fähigkeit, wachsende Marktbedürfnisse zu erfüllen. Dadurch könnten aufwendige Investitionen für den Aufbau eines vollständig neuen Netzes vermieden werden. Die Erweiterung bringt neue Leistungsmerkmale und zusätzliche Dienste und Kapazitäten zur Verbesserung und Ergänzung der alten Netzdienste mit sich.
- b) *Informationen zu Dienstfunktionen und Leistungsfähigkeit* – Hierzu gehören die Dienstfunktionen, die der Netzdienstanbieter benötigt; sie umfassen bestehende Anwendungen (beispielsweise Telefondienste) und neue Anwendungen (beispielsweise Internetdienste) ebenso wie Anforderungen bezüglich Netzleistungsfähigkeit, Kapazität und anderer Netzdiensteigenschaften.
- c) *Kundenspezifische Informationen* – Diese Art von Informationen umfasst etwa die Anforderungen der Endnutzer an vom Kommunikationsnetz zu erbringende, kundenspezifische Dienste. Beispielsweise könnten die Nutzer nach einem Videodienst fragen.
- d) *Vorschläge und Beanstandungen der Nutzer* – Nützliche Vorschläge und sachbezogene Beanstandungen bezüglich des existierenden Netzes sollten von den Nutzern gewonnen werden, um Lösungen oder Verbesserung im neuen Netz zu ermöglichen. Typische Beispiele umfassen die Durchführung von Kundenbefragungen und die Bewertung technischer Unterstützung hinsichtlich der Nutzerzufriedenheit.
- e) *Umweltfaktoren* – Die geographische Beschaffenheit des von dem Netz abgedeckten Gebietes kann besondere Anforderungen an den Netzaufbau bedingen, beispielsweise relevante Informationen bezüglich örtlicher Lage, Gelände, Wetter und Versorgung mit elektrischer Energie.
- f) *Informationen aus der Forschung* – In Forschungsberichten finden sich oft Informationen über Planung von Diensten, Entwurf und Erfahrungen mit der Gestaltung ähnlicher Netze und deren Zuverlässigkeit.
- g) *Kommerzielle Randbedingungen* – Einschlägige Informationen können nützliche Daten enthalten über Fristen für den Netzaufbau, das dem Netzdienstanbieter zur Verfügung stehende Budget, ebenso wie über Leistungsverträge und Vertragsstrafen.
- h) *Behördliche Auflagen* – Dies könnten Gesetze oder Anweisungen von nationalen oder internationalen Behörden sein, die die Betreiber erfüllen müssen.

Die aus diesen verschiedenen Quellen erhaltenen Informationen erfordern unter Umständen die Umsetzung in eine einheitliche Fachsprache, bevor weitere Untersuchungen durchgeführt werden können.

5.1.4.2 Analyse der Anforderungen, Aufteilung und Überprüfung

Die Analyse der Anforderungen an die Netzzuverlässigkeit ist der Prozess zur Auswertung der aus verschiedenen Quellen zusammengetragenen, als relevant erkannten Informationen. Dieser Prozess überführt die Bedürfnisse der Nutzer in technische Anforderungen an den Netzentwurf, um die Wünsche der

Kunden geeignet auszudrücken. Anforderungen an die Zuverlässigkeit sind Teil der technischen Anforderungen für die Aufteilung von Ressourcen auf die Netzelemente zur Netzspezifikation und Realisierung.

Im Folgenden wird eine Vorgehensweise für die Analyse von Anforderungen an die Netzzuverlässigkeit gezeigt.

a) Klassifizierung

Diese Tätigkeit analysiert die existierenden und zukünftigen Netzdienstverfordernisse, um die Auswirkungen von Verkehrsfluss, -menge und Netzbelastung auf die Netzleistungsfähigkeit zu bestimmen. Die Analyse fasst die technischen Anforderungen zusammen und unterteilt sie nach verschiedenen Kategorien; dies umfasst auch die Zuverlässigkeitsanforderungen bezüglich Redundanz, Fehlzustandstoleranz, Fehlzustandserkennung und Wiederherstellung, Überlaststeuerung sowie Instandhaltung und Erweiterung.

b) Aufteilung

Die Aufteilung der Anforderungen an die Zuverlässigkeit erfolgt nach zwei Gesichtspunkten:

- Granularität: Aufteilung der Anforderungen nach Komplexität und Funktionen. Dies würde es erlauben, dass die Zuverlässigkeitsaufteilung bestimmter Funktionen in einer einzelnen Funktionseinheit realisiert werden könnte oder unter Verwendung mehrerer Netzelemente, um ein spezielles funktionelles Betriebsverhalten im Netz zu erreichen;
- Schichten: Aufteilung der Anforderungen nach den Schichten, in denen die Funktionen benötigt werden. Die Zuverlässigkeitsanforderungen können den Funktionen in den Schichten zugeteilt werden. Die Vorgehensweise nach Schichten erleichtert die Aufteilung der Zuverlässigkeitsanforderungen auf jedes in dieser Schicht benutzte Netzelement, legt die Zuverlässigkeitsfunktionen fest, die jedes Netzelement ausführen sollte, und bestimmt die Grenzen und die Schnittstellen des Netzelementes.

c) Integration der Anforderungen

Die mit unterschiedlichen Mitteln und aus verschiedenen Quellen gewonnenen Anforderungen an die Zuverlässigkeit müssen zusammengefasst werden. Mehrfach genannte Anforderungen werden entfernt, um Konflikte zwischen sich widersprechenden Anforderungen bei der Verbesserung der Gesamtzuverlässigkeit, bei der Abwägung zwischen verschiedenen Gestaltungsentwürfen und bei der Optimierung zu vermeiden.

d) Prioritätsanalyse

Die Prioritätsanalyse bestimmt die Bedeutung von Anforderungen und legt deren Dringlichkeit für vorrangige Aktivitäten und deren Durchführung fest. Sie stellt einen systematischen, integrierten Prozess für die Festlegung von Prioritäten und deren Zuordnung dar. Ein Satz von Kriterien für das Reihieren der Projektaufgaben nach Priorität sollte für den Einsatz festgelegt werden. Die Prioritätsanalyse sollte Teil des Projektplanes für die Realisierung sein. Gegebenenfalls sollten Risiko- und Kosten-Nutzen-Analyse im Rahmen der Prioritätsanalyse durchgeführt werden.

e) Überprüfung der Anforderungen

Informationsbeschaffung, Begriffsbestimmung und andere Aspekte sollten überprüft werden, um irgendwelche Fehler oder Fehlinterpretationen bei der Analyse der Anforderungen zu erkennen. Dies dient dem Formalisieren der Zuverlässigkeitsspezifikation, die als Grundlage für Verifizierung, Prüfung, Abnahme und Lieferung verwendet wird.

5.1.4.3 Netzbetriebsprofil

Das Anwendungsszenario stellt ein Betriebsprofil des Netzes dar. Zielsetzung der Bestimmung des Netzanwendungsszenarios ist, mögliche Ausfälle der Netz-Dienstfunktionen zu erkennen, die Verfahren und Tätigkeiten für die Handhabung von Fehlzuständen festzulegen und die Schnittstellen der verschiedenen Netzelemente zu ermitteln. Dieser Analyseansatz sollte solche Faktoren wie Netztopologie, Schnittstellen zwischen Netzelementen und zugehörige Netzprotokolle berücksichtigen.

Der Prozess zur Analyse des Anwendungsszenarios sollte

- die Eigenschaften der Dienstfunktionen festlegen;
- die Netzanwendung der Diensteseigenschaften beschreiben und die Informationen zur Erleichterung des visuellen Verständnisses bildlich darstellen, wie etwa in einem Netzdiagramm;
- die Schnittstellen zwischen den an einem Dienst beteiligten Netzelementen beschreiben;
- die Ausfallpunkte im Netz bestimmen, die für die wichtigsten Netz-Dienstfunktionen kritisch sind, sowie die Ausfallarten und die zugehörigen Betriebsszenarien festlegen;
- die Prozessflüsse der zugehörigen Netzelemente auf der Basis der Anwendungsszenarien für den Netzbetrieb analysieren, um sicherzustellen, dass bei entsprechenden Ausfällen die Hauptfunktionen wiederhergestellt werden können;
- einen ausgewogenen Prozess zur Vergabe von Prioritäten für verschiedene Nutzer und Anwendungen bei einem mehrfach genutzten Netz festlegen.

5.1.5 Gesichtspunkte zur Gestaltung der Netzzuverlässigkeit

5.1.5.1 Berücksichtigung von Zuverlässigkeitseigenschaften

Die Berücksichtigung von Zuverlässigkeitseigenschaften in Netzen zur Verbesserung der Leistung erfordert bei der Realisierung ein systematisches technisches Vorgehen, damit die verlangten Netz-Zuverlässigkeitsziele erreicht werden. Mehrere entscheidende Faktoren, die die Netzleistungsfähigkeit beeinflussen, werden zur Beachtung bei der Gestaltung zuverlässiger Netze vorgestellt.

5.1.5.2 Redundanzgestaltung

Mit einer geeignet gestalteten Redundanz kann die Netzzuverlässigkeit nachhaltig verbessert werden. Redundanz wird bei der Gestaltung der Netzzuverlässigkeit häufig angewendet. Sowohl funktionsbeteiligte (aktive) als auch nicht funktionsbeteiligte (passive) Redundanz werden in Netzen zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit und zur Datensicherung eingesetzt.

In einem Kommunikationsnetz werden hauptsächlich Verbindungsleitungen im Rahmen der Netztopologie und auch kritische Netzelemente redundant ausgelegt, wie etwa die Verdoppelung des Kernspeichers in der Zwei-Ebenen-Struktur des Speichersystems von Vermittlungssystemen. Ersteres wird aus der Sicht der Dienste betrachtet und zielt auf den Schutz von Verkehrskanälen. Letzteres zielt auf eine verbesserte Funktionsfähigkeit und den Schutz von Netzelementen bei Netzstörungen. Mit einer geeignet gestalteten Redundanz können außerdem Dienste bei Eintritt eines Ausfalls vor Störungen geschützt bzw. schnell wiederhergestellt werden. Wie ausschlaggebend ein Netzelement für Redundanzüberlegungen ist, wird durch seine spezielle Verwendung in den Netzfunktionen und seine Auswirkung auf Verlust oder Verschlechterung der Netzdienste bestimmt.

Hohe Verfügbarkeit kann auch durch geographische Redundanz erreicht werden. Dies kann durch Systemverdoppelung über zwei oder mehr geographisch getrennte Standorte erreicht werden, um gegen Standortausfälle oder -unzugänglichkeit, aus welchen Gründen auch immer, zu schützen, einschließlich von außen verursachter Zerstörung oder Schäden, wie etwa durch Erdbeben oder Feuer.

5.1.5.3 Fehlzustandsmanagement

Fehlzustandsmanagementtechnik stellt die Hilfsmittel zur Erreichung der Netzzuverlässigkeit direkt zur Verfügung. Die Technik des Fehlzustandsmanagements umfasst die folgenden Aktivitäten:

- *Fehlzustandserkennung*: Den betrieblichen Status von Netzelementen und Verbindungsleitungen prüfen, verschiedene Schwellenwerte für die Netzleistungsfähigkeit setzen und auf Änderungen in der Netzleistungsfähigkeit achten, um Fehlzustände rechtzeitig zu erkennen;
- *Fehlzustandslokalisierung und -diagnose*: Fehlzustand lokalisieren und seine Ursachen anhand der gesammelten Informationen ermitteln. Kann ein Fehlzustand nicht direkt lokalisiert werden, können anhand der Beziehungen der Fehlzustandsinformationen untereinander Analysen mit dem Ziel durchgeführt werden, den exakten Ort und die Ursache des Fehlzustandes zu bestimmen;

- *Fehlzustandsisolierung*: Die ausgefallene Einheit isolieren und dafür sorgen, dass diese keine anderen aktiven Einheiten stört;
- *Wiederherstellung nach Fehlzustand*: Im Falle eines Fehlzustandes Netz-Dienstfunktionen durch Rücksetzen der ganzen Einheit oder durch Neustart eines Teils der Einheit wiederherstellen. Steht für eine Einheit Redundanz bereit, sind Schutzumschaltung oder Neuzuweisung von Ressourcen vorzunehmen, um einen Ausfall der Netzdienste zu vermeiden;
- *Fehlzustandsbeseitigung*: Ersatz der ausgefallenen Einheit oder Korrigieren eines Softwarefehlszustandes durch das Instandhaltungsunterstützungssystem, einschließlich eingehender Analyse sowie anschließender Empfehlungen für Verbesserungsmaßnahmen und Lösung;
- *Fehlzustandsalarm*: Alarm auslösen, um das Netzmanagementsystem bei Vorliegen eines Netzfehlszustandes für sofortige Korrekturmaßnahmen zu aktivieren. Unterschiedliche Alarmarten können gegeben werden, um unterschiedliche Fehlzustandsniveaus für vorrangige Aktivitäten anzuzeigen. Das Netzmanagementsystem erfasst die zum Fehlzustandsalarm vorliegenden Informationen zur Lokalisierung des Fehlzustandes und für weitere Analysen;
- *Fehlzustandsvorhersage*: Wahrscheinlichkeiten für Fehlzustände und mögliche Folgen mit Verfahren wie etwa Trendanalysen analysieren und beurteilen;
- *Fehlzustandsüberwachung*: Beobachten und Prüfen der Fehlzustandsbedingungen, um Instandhaltungsmaßnahmen anzustoßen.

5.1.5.4 Datenmanagement

Netzausfälle oder Störungen aufgrund nicht verfügbarer Zustände könnten zu einem gestörten Informationsfluss oder zu Datenverfälschungen führen. Der Verlust von Schlüsseldaten könnte dazu führen, dass die Netz-Dienstfunktionen gar nicht wiederhergestellt werden können oder die Netzbetreiber wirtschaftliche Verluste erleiden. Üblicherweise werden die folgenden Maßnahmen der Datenverwaltung verwendet, um die Zuverlässigkeit des Netzes zu verbessern:

- Datenkopien an verschiedenen Stellen halten, um die Speichermedien vor Fehlzuständen oder Beschädigung zu schützen;
- Periodische Sicherung, um Schlüsselinformationen und -daten zu schützen. Wichtige Daten sollten durch mehrfache Datensicherung und Sicherung an anderen, entfernten Orten geschützt werden. Ein sachgerechter Umgang mit den gesicherten Daten und sachgerechte Wiederherstellung können Unklarheiten verkürzen und die Leistungsfähigkeit verbessern;
- Verschlüsselung, Prüfsumme, Empfangsbestätigung und Übertragungswiederholung sowie redundante Übertragung können zur Übertragung wichtiger Dienstdaten über das Netz verwendet werden. Beispielsweise Schutz und Sicherung der Übertragung von Finanzdaten im Rahmen von Bankdienstleistungen, um den Verlust von Datenpaketen zu vermeiden;
- Verwendung verschiedenartiger Medien zur Speicherung von Programm- und Informationsdaten;
- Redundanz wichtiger Programmdateien kann verwendet werden, damit ein System selbst dann normal weiterläuft, wenn das laufende Softwareprogramm unzulässig verändert wird;
- Synchronisierung der Informationen zwischen den aktiven und den in Bereitschaft stehenden Einheiten des redundanten Systems kann verwendet werden, um Datenverlust oder regelwidriges Verhalten während des Umschaltens vom Arbeits- auf den Ersatzweg zu vermeiden;
- Schutz, Erkennung und Verifizierung der Programmdateien während Ladevorgängen oder Übertragung können dafür sorgen, dass keine falschen Daten aufgezeichnet werden.

5.1.5.5 Einfluss von Netzknoten und Verbindungsleitungen

Die „Endpunkte“ oder Abschlüsse eines Netzes sind mit dem Netz durch Netzknoten und Verbindungsleitungen verbunden. Für die Zuverlässigkeitsbewertung gibt es zwei gebräuchliche Arten der Netzkonfiguration:

- Zuverlässigkeitsbewertung von Ende-zu-Ende (E2E);
- „full-end“-Netz-Zuverlässigkeitsbewertung (Zuverlässigkeitsbewertung für ein Netz mit allen seinen Enden).