

DIN EN IEC 60300-3-17

ICS 03.120.10; 29.020

Einsprüche bis 2021-07-14

Entwurf**Zuverlässigkeitsmanagement –
Teil 3-17: Anwendungsleitfaden –
Verfügbarkeit
(IEC 56/1850/CD:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Dependability management –
Part 3-17: Application guide –
Availability
(IEC 56/1850/CD:2019);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-05-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE oder Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 65 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 56/1850/CD:2019-08 „Dependability management – Part 3-17: Application guide – Availability“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 56 „Dependability“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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

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

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

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	10
4 Übersicht der Verfügbarkeit.....	10
4.1 Beschreibung der Verfügbarkeit.....	10
4.2 Prinzipien.....	11
4.3 Vorteile.....	11
4.4 Schnittstellen.....	12
5 Messung der Verfügbarkeit.....	14
5.1 Allgemeines.....	14
5.2 Mit der Verfügbarkeit verbundene Ausdrücke.....	14
5.3 Klarzeit und Unklarzeit.....	14
5.4 Bestandteile der Klarzeit und Unklarzeit.....	15
5.5 Echtzeitmessung.....	16
5.6 Szenarien für die betriebliche Verfügbarkeit.....	16
5.7 Ausfallsicherheit.....	17
5.8 Kapazität.....	17
5.8.1 Kapazitätsbeispiel.....	17
6 Verfügbarkeitsanwendungen.....	18
6.1 Allgemeines.....	18
6.2 Verfügbarkeitskompromisse.....	18
6.3 Verfügbarkeitszenarien für funktionale Systeme.....	19
6.3.1 Grundlegendes funktionelles Leistungsvermögen.....	19
6.3.2 Redundantes funktionelles Leistungsvermögen.....	19
6.3.3 Leistungsfähigkeit mit verborgenen Fehlern oder Ausfällen.....	19
6.3.4 Leistung mit Einsatzbereitschaft.....	20
6.4 Szenarien betreffend die Kapazität und Dienstleistungsfähigkeit.....	20
6.4.1 Kapazitätsleistung.....	20
6.4.2 Dienstleistungsfähigkeit.....	20
6.5 Modellierung der Verfügbarkeit.....	20
6.5.1 Allgemeines.....	20
6.5.2 Einfaches Blockdiagramm.....	21
6.5.3 Hybridblockdiagramm mit Abhängigkeiten.....	21
6.5.4 Netzwerkdarstellungen.....	21
6.6 Verfügbarkeitsanalyse.....	21

6.6.1	Allgemeines.....	21
6.6.2	Verfügbarkeitsanalyseprozess während der Konzept- und Entwicklungsphase.....	21
6.6.3	Verfügbarkeitsanalyse während der Nutzungsphase.....	22
7	Verfügbarkeitsmanagement während des Lebenszyklus.....	22
7.1	Allgemeines.....	22
7.1.1	Konzeptphase.....	23
7.1.2	Entwicklungsphase.....	23
7.1.3	Nutzungsphase.....	23
7.1.4	Außerdienststellungsphase.....	23
Anhang A (informativ)	Darstellung der Verfügbarkeitsmessgrößen für verschiedene Szenarien.....	24
A.1	Betriebliches Szenario für die maximale Klarzeit und Verfügbarkeit.....	24
A.2	Betrieb über einen intermittierenden Zeitraum.....	24
A.3	Betrieb über eine festgelegte Zeitdauer.....	25
A.4	Betrieb für einen spezifischen Bedarf.....	25
A.5	Betrieb für eine festgelegte Aufgabe oder über eine festgelegte Zeitdauer.....	26
Anhang B (informativ)	Beispiele für die Verfügbarkeit in verschiedenen Anwendungen und Industrien.....	27
B.1	Allgemeines.....	27
B.2	Produktionsverfügbarkeit.....	27
B.3	Sicherheitsverfügbarkeit.....	28
B.4	Verfügbarkeit von Aufzügen.....	29
B.5	Verfügbarkeit von Leitungsnetzen.....	30
Literaturhinweise		32
Bilder		
Bild 1	– Beziehung für die Verfügbarkeit zwischen Zuverlässigkeitseigenschaften und Verfügbarkeitszenarien.....	13
Bild 2	– Zeiten in Verbindung mit Betrieb und Instandhaltung.....	15
Bild 3	– Zeiten in Verbindung mit der Instandhaltung.....	16
Bild 4	– Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit mit den zugehörigen Mittelwerten aufgrund der korrektiven Instandhaltung.....	16
Bild 5	– Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit mit den zugehörigen Mittelwerten aufgrund der vorbeugenden Instandhaltung.....	16
Bild 6	– Ausfallsicherheit in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit.....	17
Bild 7	– Ausfallsicherheit in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit.....	19
Bild A.1	– Maximale Klarzeit und mittlere Verfügbarkeit.....	24
Bild A.2	– Klarzeit und Verfügbarkeit über einen intermittierenden Zeitraum.....	25
Bild A.3	– Klarzeit und Verfügbarkeit über festgelegte Zeiträume.....	25
Bild A.4	– Klarzeit und Verfügbarkeit für einen bestimmten Bedarf.....	26
Bild A.5	– Klarzeit und Verfügbarkeit für eine bestimmte Aufgabe oder einen bestimmten Zeitraum.....	26
Bild B.1	– Durchsatzleistung einer Flüssigkeits-Pipeline (Jones and Ferrari).....	31

Einleitung

Dieses Dokument bietet einen Leitfaden zur Anwendung der Analyse- und Bestätigungsverfahren für das Zuverlässigkeitsattribut der Verfügbarkeit einschließlich bester Praktiken, der geeigneten Messwerte für die Anforderungen und ihre Bewertung sowie die Beziehung zu anderen Zuverlässigkeitsattributen.

Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit, sich bei und nach Aufforderung wie gefordert zu verhalten. Ein zuverlässige Einheit ist eine Einheit, bei der begründete Zuversicht besteht (entwickelt durch analytische und risikobasierte Ansätze), dass die Einheit wie gewünscht funktioniert und die vereinbarten Erwartungen der Stakeholder erfüllen wird. Die Zuverlässigkeit hat viele Attribute, wird jedoch üblicherweise durch die Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit (einschließlich Instandhaltung und Unterstützung) charakterisiert, die einzeln oder in einem Leistungsmesswert kombiniert werden können.

Dieses Dokument ist eine von sechs miteinander verbundenen allgemeinen Zuverlässigkeitsnormen, die Führungskräften und technischem Personal einen Leitfaden für die effektive Planung und Implementierung von Zuverlässigkeitsaktivitäten während des gesamten Lebenszyklus bietet. Als solche sollte diese Norm angewendet werden in Verbindung mit:

- IEC 60300-1 zur Erkennung der Bedeutung der Zuverlässigkeit, zur Integration von Zuverlässigkeitsaktivitäten in bestehende Managementsysteme und Lebenszyklusprozesse und zur Ableitung der Managementaktivitäten, um Zuverlässigkeitsergebnisse zu erreichen und zu verbessern;
- IEC 60300-3-4 zur Festlegung der Leistungsmesswerte der Zuverlässigkeit einschließlich der Anforderungen und Mittel, durch die die Erfüllung der Anforderungen nachgewiesen werden kann;
- IEC 60300-3-1, IEC 60300-3-10 und IEC 60300-3-14 zur Anwendung der Analyse- und Prüfverfahren für die Funktionsfähigkeit, die Instandhaltbarkeit (und Instandhaltung) und die Unterstützbarkeit (und Unterstützung).

Verfügbarkeit ist in verschiedenen Szenarien auf unterschiedliche Weise anwendbar. Die Verfügbarkeit ist eng mit der Klarzeit und der Unklarzeit von Einheiten verbunden. Diese Begriffe werden allgemein verwendet, um die betrieblichen Aspekte der Verfügbarkeit von Einheiten zu beschreiben. Es besteht ein zunehmendes Interesse daran, die Ursachen von Unklarzeiten, die zu einer Nichtverfügbarkeit führen, zu verhindern oder zu minimieren, indem Einheiten widerstandsfähig gemacht werden, um die Verfügbarkeit zu erhöhen.

Verfügbarkeit kann je nachdem, welche Faktoren enthalten oder ausgeschlossen sind, wie etwa ob die Verfügbarkeit inhärent oder betrieblich ist, auf verschiedene Arten definiert und gemessen werden. Verfügbarkeitsmesswerte beinhalten unter anderem die momentane Verfügbarkeit, die mittlere Verfügbarkeit, die asymptotische Verfügbarkeit, die asymptotische mittlere Verfügbarkeit und die stationäre Verfügbarkeit. Die Bevorzugung und Anwendung dieser Messwerte variiert je nach Industriesektor und Einheit unter anderem in Abhängigkeit von ihrer Anwendung und der Bedürfnisse der Endnutzer. Verschiedene Verfügbarkeitsmesswerte sind erforderlich, weil zwischen verschiedenen Aspekten der Leistung in Bezug auf die verschiedenen von einer Organisation zu handhabenden Risiken unterschieden werden muss und diese kommuniziert werden müssen. Über Einheiten zu verfügen, die ihre geforderten Funktionen erfüllen, wenn dies erforderlich ist, ist von grundlegender Bedeutung für die Wertschöpfung für jede Einheit. Dementsprechend ist das Management der Verfügbarkeit von Einheiten zur Wertmaximierung eine kritische Aktivität für jede Einheit.

Wie und wo die Verfügbarkeit angewendet wird, ist von der Anwendung einer Einheit abhängig, wenn sich dieser Begriff auf Objekte wie Geräte, Systeme, Produkte oder Software bezieht. Als grundlegender Aspekt vieler Systemanforderungen ist dies eine wichtige Erwägung in der Gestaltung und der Spezifikation von Zuverlässigkeitsanforderungen. In einigen Fällen kann die Verfügbarkeit vor dem Betrieb geprüft und in anderen Fällen nur während des tatsächlichen Betriebs bestimmt werden. Sie ist oftmals ein wichtiger Messwert der Zuverlässigkeit, der während der Nutzungsphase des Lebenszyklus der Einheit verfolgt werden muss, um zu verifizieren, ob die ursprünglichen oder laufenden Anforderungen erfüllt werden.

Die meisten Organisationsziele können in Messwerten der Wirksamkeit, des Wirkungsgrads und der Konformität zusammengefasst werden. Die Verfügbarkeit trägt zu all diesen Zielgruppen bei. Die Verfügbarkeit ist beispielsweise oftmals ein intermediärer Leistungsmesswert, der mit anderen Messwerten kombiniert werden kann, um einen endgültigen Leistungswert zu erhalten, der für das System oder die Anwendung gilt. Die Verfügbarkeit kann beispielsweise mit einer Produktionsrate kombiniert werden, um eine über einen

spezifischen Zeitraum produzierte Gesamtmenge zu erhalten. Sie ist außerdem ein kritischer Bestandteil der Gewährleistung der Sicherheit von Systemen.

Verschiedene Verfügbarkeitsanalysemethoden können angewendet werden, um die erwartete Leistung anhand verschiedener Simulationsansätze zu beurteilen. Die Verfügbarkeitsanalyse kann während der Konzept-, vorläufigen und ausführlichen Gestaltung, der Prüfung vor dem Betrieb und während der Nutzung durchgeführt werden.

Die Verfügbarkeit ist ein kritischer Messwert für Stakeholder entlang des gesamten Lebenszyklus von Einheiten.

Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 3-17: Anwendungsleitfaden – Verfügbarkeit

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die verschiedenen Arten, auf die die Verfügbarkeit aus ihren unterstützenden Attributen abgeleitet und in tatsächlichen Situationen je nach Anwendung während des Lebenszyklus von Systemen und Produkten angewendet werden kann. Es beschreibt, wie die Verfügbarkeit simuliert werden kann, um die erwartete Leistung eines Systems oder Produkts zu beurteilen.

Dieses Dokument beschreibt, wie die Verfügbarkeit in der Gestaltung und der Spezifikation von Zuverlässigkeitsanforderungen sowie während der Nutzung berücksichtigt werden kann. Die Verfügbarkeit ist ein Hauptattribut, das benötigt wird, um andere Systemleistungsanforderungen wie die Ergebnisse, den Wirkungsgrad, die Sicherheit und die Integrität zu erfüllen.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050-192, *International electrotechnical vocabulary – Part 192: Dependability*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Verfügbarkeit, <einer Einheit>

Fähigkeit, in einem wie gefordert funktionsfähigen Zustand zu sein

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verfügbarkeit hängt von der Kombination der Merkmale Funktionsfähigkeit (192-01-24), Wiederherstellbarkeit (192-01-25) und Instandhaltbarkeit (192-01-27) der betreffenden Einheit sowie der Instandhaltungsbereitschaft (192-01-29) ab.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verfügbarkeit kann anhand geeigneter Messwerte quantifiziert werden. Siehe Abschnitt 192-08, Messgrößen der Verfügbarkeit.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-01-23]

3.1.2

Unklarzustand, <einer Einheit>

Zustand der Funktionsunfähigkeit wegen interner Ursachen oder wegen Wartung

Anmerkung 1 zum Begriff: Unklarzustand steht in Wechselbeziehung zur Nichtverfügbarkeit der Einheit.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bezeichnungen „unklar“ (en: down) und „nicht verfügbar“ (en: unavailable) kennzeichnen eine Einheit im Unklarzustand.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-02-20]

3.1.3

Unklarzeitintervall

Unklarzeit

Zeitintervall, während dessen eine Einheit in einem Unklarzustand ist

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-02-21]

3.1.4

inhärente Verfügbarkeit

Intrinsische Verfügbarkeit

Verfügbarkeit aufgrund des Entwurfs unter idealen Betriebs- und Instandhaltungsbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Zusammenhang mit der Instandhaltung stehende Verzugsdauern, wie logistische und administrative Verzugsdauern, sind dabei ausgeschlossen.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-08-02]

3.1.5

momentane Verfügbarkeit

A(t)

Wahrscheinlichkeit, eine Einheit zu einem gegebenen Zeitpunkt in einem wie gefordert funktionsfähigen Zustand anzutreffen

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-08-01]

3.1.6

Betrachtungseinheit

Einheit

betrachtetes Subjekt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit kann ein Einzelteil, ein Bauelement, ein Gerät, eine Funktionseinheit, ein Betriebsmittel, ein Subsystem oder ein System sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit kann aus Hardware, Software, Personen oder aus beliebigen Kombinationen davon bestehen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einheit setzt sich häufig aus Elementen zusammen, die für sich selbst betrachtet werden können. Siehe Untereinheit (192-01-02) und Gliederungsebene (192-01-05).

Anmerkung 4 zum Begriff: In IEC 60050-191:1990 (inzwischen zurückgezogen und ersetzt durch IEC 60050-192:2015) wurde der englische Begriff „entity“ als englisches Synonym bezeichnet, dies trifft nicht für alle Anwendungen zu.

Anmerkung 5 zum Begriff: Die Definition des englischsprachigen Begriffs „item“ in IEC 60050-191:1990 (inzwischen zurückgezogen und ersetzt durch IEC 60050-192:2015) war eher eine Beschreibung als eine Definition. Die neue Definition ermöglicht eine durchgängige Ersetzung im vorliegenden Dokument. Der Inhalt der früheren Definition steht jetzt in Anmerkung 1.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-01-01]

3.1.7

mittlere Nichtverfügbarkeit

Mittelwert der momentanen Nichtverfügbarkeit während eines gegebenen Zeitintervalls (t_1 , t_2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die mittlere Nichtverfügbarkeit steht mit der momentanen Nichtverfügbarkeit $U(t)$ in folgender Beziehung:^{N1}

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-08-06]

N1

Nationale Fußnote: Im CD fehlt die folgende Gleichung: $\bar{U}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} U(t) dt$

3.1.8

betriebliche Verfügbarkeit

unter realen Betriebs- und Instandhaltungsbedingungen erhaltene Verfügbarkeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Betriebliche Verfügbarkeit setzt sich aus Unklarzeitintervallen aufgrund von Ausfällen ohne Berücksichtigung von externen Ursachen zusammen.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-08-03]

3.1.9

Wiederherstellbarkeit, <einer Einheit>

Fähigkeit, nach einem Ausfall wieder ohne Instandsetzung funktionsfähig zu werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fähigkeit, nach einem Ausfall wieder funktionsfähig zu werden, kann externe Maßnahmen erfordern. Für Fähigkeiten, für die keine externen Maßnahmen erforderlich sind, wird auf die Selbst-Wiederherstellbarkeit (191-41-26) verwiesen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wiederherstellbarkeit kann anhand von Messgrößen quantifiziert werden, etwa durch die Wahrscheinlichkeit, sich innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls wieder zu erholen.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-01-25]

3.1.10

Ausfallsicherheit <einer Einheit>

Fähigkeit, einer Unterbrechung der Funktion während des Betriebs zu widerstehen und ihre ursprüngliche Funktion wiederherzustellen

3.1.11

stationäre mittlere Verfügbarkeit asymptotische Verfügbarkeit

Grenzwert – falls er existiert – der momentanen Verfügbarkeit, sofern die Zeit gegen unendlich geht

Anmerkung 1 zum Begriff: Unter speziellen Bedingungen kann die stationäre mittlere Verfügbarkeit ausgedrückt werden durch das Verhältnis der mittleren Klarzeit zur Summe mittlere Klarzeit plus mittlere Unklarzeit. Siehe IEC 61703, Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-08-07]

3.1.12

Klarzustand, <einer Einheit>

betriebsfähiger Zustand, <einer Einheit>

Zustand, in dem die Einheit wie gefordert funktionieren kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Nicht vorhandene, jedoch notwendige externe Ressourcen können zwar den Betrieb verhindern, aber nicht den Klarzustand beeinflussen. Unklarzustand aufgrund externer Ursachen (192-02-23).

Anmerkung 2 zum Begriff: Klarzustand steht in Wechselbeziehung zur Verfügbarkeit der Einheit.

Anmerkung 3 zum Begriff: Eine Einheit kann für einige Funktionen als im Klarzustand befindlich betrachtet werden und gleichzeitig für die anderen Funktionen als im Unklarzustand befindlich.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Bezeichnungen „klar“ (en: up) und „verfügbar“ (en: available) kennzeichnen eine Einheit im Klarzustand.

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-02-01]

3.1.13

Klarzeitintervall

Klarzeit

Zeitintervall, während dessen eine Einheit im betriebsfähigen Zustand ist

[QUELLE: IEC 60050-192:2015, Definition 192-02-02]

3.2 Abkürzungen

COTS	handelsübliches Produkt (en: commercial-off-the-shelf)
COI	Einheit im Dauerbetrieb (en: continuously operating item)
IOI	Einheit im Aussetzbetrieb (en: intermittently operating item)
MAPMT	aktive Wartungszeit (en: mean active preventive maintenance time)
MCMT	Mittlere korrektive Wartungszeit (en: mean corrective maintenance time)
MDT	mittlere Unklardauer (en: mean down time)
METBF	mittlerer Ausfallabstand (en: mean elapsed time between failures)
MPMT	Mittlere aktive Wartungsdauer (en: mean preventive maintenance time)
MOTBF	mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (auch MTBF) (en: mean operating time between failure)
MTBPM	mittlere Betriebsdauer zwischen präventiven Instandhaltungen (en: mean time between preventive maintenance)
MTTF	mittlere Betriebsdauer bis zum Ausfall (en: mean operating time between failure)
MTTFF	mittlere Betriebszeit zwischen Ausfällen (en: mean operating time between failures)
MTTR	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: mean time to restoration)
MUT	mittlere Klardauer (en: mean up time)
NERC	NERC North American Electric Reliability Corporation
RBD	Zuverlässigkeitsblockdiagramm (en: reliability block diagram)

4 Übersicht der Verfügbarkeit

4.1 Beschreibung der Verfügbarkeit

Wie in 3.1.1 angegeben ist die Verfügbarkeit als Fähigkeit, in einem wie gefordert funktionsfähigen Zustand zu sein, definiert. Die Verfügbarkeit ist das Ergebnis der Kombination der unterstützenden Attribute der Zuverlässigkeit, der Instandhaltbarkeit und der Unterstützbarkeit. Die von einer Einheit erreichbare Verfügbarkeit ist das Ergebnis ihrer:

- Funktionsfähigkeits- oder Ausfallrate und der präventiven Instandhaltung der Komponenten, die zur Aufrechterhaltung ihres Betriebs benötigt werden;
- inhärenten Instandhaltbarkeitsfaktoren, die die erforderliche Unklarzeit für die korrektive oder präventive Instandhaltung beeinflussen;
- Unterstützbarkeit, die aus der Instandhaltungsunterstützung und der Logistik besteht, die die erforderliche Zeit für die korrektive oder präventive Instandhaltung beeinflussen.

Die Verfügbarkeit wird offensichtlich von Kompromissen zwischen den unterstützenden Attributen beeinflusst. Andere Faktoren wie etwa Sicherheit, Schutz, Kosten, Leistung und Risiko werden die endgültige erreichbare Verfügbarkeit beeinflussen.

Verfügbarkeit ist von dem spezifischen Kontext und der Anwendung einer Einheit abhängig. Die Verfügbarkeit ist hauptsächlich für instandsetzbare Einheiten anwendbar. Für einfache Elemente, die nicht instandsetzbar sind, oder instandsetzbare Einheiten, die durch ein Ersatzteil ersetzt werden können, wird das relevante Attribut üblicherweise die Funktionsfähigkeit sein.

4.2 Prinzipien

Verfügbarkeit kann anhand der folgenden Prinzipien charakterisiert werden:

- Die Verfügbarkeit ist ein wichtiger Bestandteil der Spezifikation der Zuverlässigkeitsanforderungen.
Die Verfügbarkeit vieler Funktionen und Systeme ist oftmals eine Hauptmessgröße für die Erfüllung von Leistungsanforderungen, mit denen es verknüpft werden kann, um eine Dienstleistung oder ein Ziel zu bieten, wie etwa die Herstellung oder Energieerzeugung. Für untergeordnete Einheiten wie etwa Komponenten, die nicht instandsetzbar sind, muss oftmals nur die Funktionsfähigkeit spezifiziert werden.
- Die Art und Weise, in der die Verfügbarkeit charakterisiert und bestimmt wird, ist von der funktionalen Anwendung der Einheit abhängig, die charakterisiert werden kann als:
 - grundlegendes funktionelles Leistungsvermögen;
 - redundantes funktionelles Leistungsvermögen;
 - Leistung mit verborgenen Fehlern oder Ausfällen;
 - Leistung mit Einsatzbereitschaft.Es sollte beachtet werden, dass einige Systeme so gestaltet sind, dass sie ohne Unklarzeit oder Auswirkung auf die Verfügbarkeit instandgehalten werden können.
- Die Verfügbarkeit kann mit einer Funktion oder einem Dienst verknüpft sein, bei der/dem die Zielsetzung mit einer Form der Kapazitäts- oder Dienstanforderung verbunden ist.
In einigen Fällen ist die Verfügbarkeit eine Zwischenmessgröße, die mit einer anderen Messgröße wie der Leistungsfähigkeit und der Qualität zu einer endgültigen Messgröße wie der für diese Anwendung relevanten Leistung kombiniert wird. Wenn einem Anwender ein Dienst geliefert wird, kann die Nichtverfügbarkeit einer Einheit zu einer verzögerten oder Nichtlieferung des Dienstes führen.
- Die Messung und Anwendbarkeit der Verfügbarkeit wird je nach den in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus verfügbaren Informationen variieren.
Die Informationen, die bestimmen, was in die Verfügbarkeit eingebunden werden kann, können während der Gestaltung und Prüfung auf grundlegende Instandsetzungs- und Instandhaltungszeiten beschränkt sein. Die tatsächliche Unklarzeit während der Nutzung wird üblicherweise vollständiger und genauer sein, wenn andere Unklarzeitfaktoren berücksichtigt werden können.

4.3 Vorteile

Bei vielen Anwendungen ist die Verfügbarkeit eine Hauptanforderung an die Zuverlässigkeit, die direkt mit der Erfüllung von Benutzeranforderungen verbunden ist. Die Spezifikation der erforderlichen Verfügbarkeit und die Prüfung und Messung der tatsächlichen Verfügbarkeit bieten die folgenden Vorteile:

- Die Fähigkeit, anwendbare Zuverlässigkeitsanforderungen entsprechend den Leistungs- und Dienstanforderungen des Anwenders zu spezifizieren;
- Ermöglichen der Bestimmung von Kompromissen zwischen Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit während der Gestaltung;
- Ermöglichen von Kompromissen zwischen Verfügbarkeit und Sicherheit, um zu gewährleisten, dass Sicherheitsanforderungen erfüllt werden können;
- Unterstützung bei der Prüfung zur Bestimmung der inhärenten Verfügbarkeit;
- Überwachung der tatsächlichen während der Nutzung erreichten Verfügbarkeit;
- Bereitstellung einer wesentlichen Verknüpfung mit anderen Leistungsanforderungen wie etwa Produktion und Kapazität;
- Ermöglichen von Kompromissen zwischen Verfügbarkeit und Kosten, Leistung und Risiko.

Die Verfügbarkeit ist ein wichtiger Faktor für Anwendungen wie etwa:

- Sicherheitssysteme, bei denen Einheiten wie die Instrumentierung, Sicherheitseinrichtungen und Steuerungssysteme vor unsicheren Bedingungen schützen (ISO/TR 12489);
- Herstellung, bei der das Ziel darin besteht, die Produktion von Waren in der geforderten Qualität herzustellen;
- Informationssysteme (z. B. Internet und Business-Softwareanwendungen);
- Abbau von Ressourcen und Lieferung zur Maximierung der Produktion/Nutzung;
- Transportsysteme für Güter und Personen;
- Energieerzeugung und -lieferung (z. B. Strom);
- Betriebsmittel (z. B. Wasser für die gewerbliche und private Nutzung).

Die Rolle der Verfügbarkeit für diese Anwendungen variiert je nach Zweck der Einheit und ihrer Hierarchieebene. Für ein System oder ein Netz kann es beispielsweise möglich sein, eine Architektur zu gestalten, die redundante Funktionen oder parallele Versorgungsquellen ermöglicht und so eine Verfügbarkeit von nahezu 100 % und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit von Unklarzeiten erlaubt.

4.4 Schnittstellen

Die Funktionsfähigkeit drückt die Fähigkeit aus, die geforderten Funktionen über ein gegebenes Intervall hinweg (Zeit, Betriebszyklen, Entfernung usw.) unter gegebenen Bedingungen zu liefern, ohne dass Instandsetzungen oder Wiederherstellungen erforderlich sind. Zuverlässigkeit kann als Wahrscheinlichkeit des Erfolgs (z. B. die Wahrscheinlichkeit, dass eine Einheit ihre bestimmungsgemäße Funktion für einen bestimmten Zeitraum erfüllt) oder aus einer Ausfalleigenschaft abgeleitete Statistik (wie etwa die mittlere Betriebszeit bis zum Ausfall) quantifiziert werden.

Instandhaltbarkeit ist die Fähigkeit einer Einheit, im Betriebszustand gehalten zu werden oder wieder in den Betriebszustand zurückzukehren. Eine Messgröße der Instandhaltbarkeit drückt daher die Einfachheit und Geschwindigkeit aus, mit der der Betriebszustand einer Einheit nach dem Erreichen eines definierten Ausfallzustands wiederhergestellt werden kann.

Unterstützbarkeit ist die Fähigkeit, die nötige Instandhaltung und andere Unterstützung zu liefern, um die geforderte Verfügbarkeit mit einem definierten Betriebsprofil aufrechtzuerhalten und die angestrebten Ziele zu erreichen. Die Unterstützbarkeit ist daher eine Kombination aus der von der gestalteten Einheit in ihrem Nutzungskontext geforderten Unterstützung und der erforderlichen organisatorischen Logistik, um diese Unterstützung rechtzeitig in der geforderten Qualität und kosteneffizient zu liefern.

Verfügbarkeit ist die Fähigkeit, eine Funktion erfüllen zu können, wenn sie angefordert wird, und wird oftmals als Verhältnis zwischen Verfügbarkeitszeit und Gesamtzeit angegeben. Die Verfügbarkeit ist das Ergebnis der Kombination der Zuverlässigkeitsattribute der Funktionsfähigkeit, der Instandhaltbarkeit und der Unterstützbarkeit und wird daher durch Kompromisse zwischen diesen Attributen beeinflusst.

Verfügbarkeit ist das Gesamtergebnis der grundlegenden Eigenschaften der Zuverlässigkeit. Es besteht eine Abwärtsverbindung zu Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit. In vielen Anwendungen besteht eine Aufwärtsverbindung, die die verschiedenen funktionalen Verfügbarkeitszenarien beschreibt (siehe 6.3 für weitere Einzelheiten), die mit der Kapazitätsleistung oder Dienstanforderungen wie in Bild 1 angegeben kombiniert werden können oder dazu beitragen.

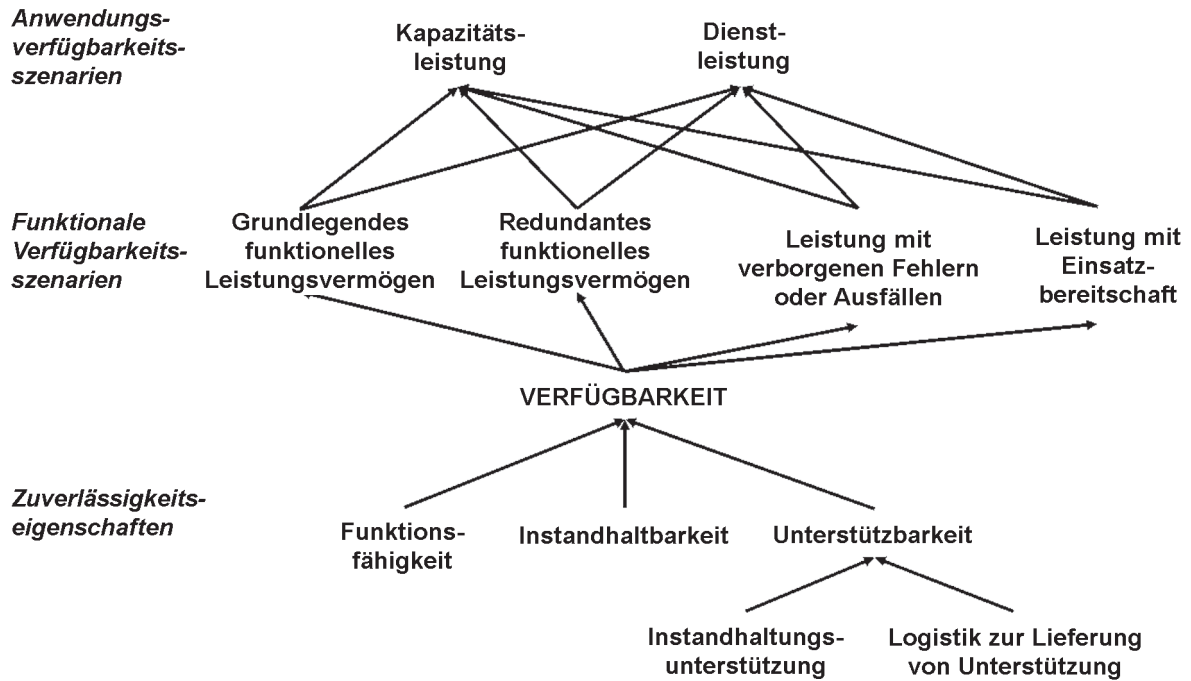


Bild 1 – Beziehung für die Verfügbarkeit zwischen Zuverlässigkeitseigenschaften und Verfügbarkeits-szenarien

In vielen Anwendungen muss die Verfügbarkeit einer Einheit für den Bedarfsfall sichergestellt werden. Dies kann aus Sicherheits-, Schutz-, Wiederherstellungs-, Instandhaltungs-, Betriebs- oder anderen Gründen erforderlich sein und die Berechnung und Steuerung der Verfügbarkeit als Kombination aus anderen Zuverlässigkeitsmessgrößen als Mittel zur direkten Kontrolle der funktionalen Anforderung der Verfügbarkeit unterstützen. Das Sicherstellen oder Messen der Verfügbarkeit ist eine Möglichkeit der Steuerung der Interaktionen zwischen Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit und der Abwägung von Kompromissen zwischen diesen Eigenschaften, um ein Verfügbarkeitsziel zu erreichen.

Für jede unterstützende Eigenschaft der Funktionsfähigkeit, der Instandhaltbarkeit und der Unterstützbarkeit bestehen IEC-Normen (IEC 60300-3-1, IEC 60300-3-10 und IEC 60300-3-14), die den Programminhalt und die Prozesse für die relevanten Lebenszyklusaktivitäten beschreiben und eine Anleitung für anwendbare Zuverlässigkeitsinstrumente enthalten.

Funktionale Verfügbarkeits-szenarien sind:

- Grundlegendes funktionelles Leistungsvermögen: Systeme und Produkte, die als ein/aus, in Betrieb/außer Betrieb oder funktionierend/nicht funktionierend beschrieben werden können und üblicherweise durch Klarzeiten und Unklarzeiten beschrieben werden;
- Redundantes funktionelles Leistungsvermögen: Funktionen mit eingebauter Redundanz, bei denen die relevante Verfügbarkeit für das kombinierte System gilt;
- Verborgene Fehler oder Ausfälle: Situationen wie etwa in Sicherheit, wenn verborgene Fehler oder Ausfälle bestehen, die erst erkannt werden, wenn die Einheit angefordert wird;
- Einsatzbereitschaft: Fähigkeit, eine Aufgabe zu erfüllen wie und wann gefordert.

Andere Anwendungsszenarien, bei denen das funktionelle Leistungsvermögen mit höheren Zielen verknüpft ist, sind:

- Kapazitätsleistung: Fälle, in denen die Verfügbarkeit mit anderen Leistungsmessgrößen verbunden ist, was zu einer kapazitätsbezogenen Leistung wie etwa Produktion führt;
- Dienstfähigkeit; Fähigkeit, einen Dienst zu liefern.

5 Messung der Verfügbarkeit

5.1 Allgemeines

Die Messung der Verfügbarkeit kann sich grundsätzlich je nach Menge und Art der verfügbaren Informationen über die Dauer des Lebenszyklus verändern. Während der Entwicklungsphase wird auf die inhärente oder intrinsische Verfügbarkeit Bezug genommen, die die Gestaltung unter idealen Bedingungen des Betriebs und der Instandhaltung berücksichtigt, aber logistische und administrative Verzögerungen ausschließt, da diese zu diesem Zeitpunkt nicht notwendigerweise gut verstanden werden. In der Nutzungsphase können zusätzliche Zeiten, die zu Nichtverfügbarkeit beitragen, eingebunden werden, wie etwa administrative, logistische und externe Verzögerungen, wodurch die unter tatsächlichen Betriebs- und Instandhaltungsbedingungen erfahrene betriebliche Verfügbarkeit gemessen werden kann.

Die genauen Berechnungen der Verfügbarkeitsmessgrößen sind in IEC 61703 beschrieben.

5.2 Mit der Verfügbarkeit verbundene Ausdrücke

Verfügbarkeit kann in Bezug auf Zeit gemessen werden als:

- eine momentane Verfügbarkeit (oder momentane Nichtverfügbarkeit), d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass eine Einheit zu einem gegebenen Zeitpunkt in der Lage ist, die geforderte Funktion zu erfüllen;
- eine stationäre Verfügbarkeit (oder stationäre Nichtverfügbarkeit), d. h. der Grenzwert der momentanen Verfügbarkeit, sofern vorhanden, wenn die Zeit gegen unendlich geht;
- eine mittlere Verfügbarkeit (oder mittlere Nichtverfügbarkeit) d. h. der Wert der momentanen Verfügbarkeit während eines gegebenen Zeitintervalls.

Die Verfügbarkeit kann für ein Zeitintervall nicht nur als Median- oder Mittelwert der momentanen Verfügbarkeit, sondern auch als statistische Messgröße wie etwa Mindestwert, Höchstwert oder prozentuale Leistung angegeben werden. Wenn die Zeit gegen unendlich tendiert, wird die Verfügbarkeit asymptotisch eine stationäre Verfügbarkeit erreichen, wenn diese besteht.

5.3 Klarzeit und Unklarzeit

Verfügbarkeit kann auch als durch die Klarzeit und die Unklarzeit bestimmt gemessen werden. Die Komponenten der Unklarzeit beinhalten insbesondere die verschiedenen Aspekte der grundlegenden Eigenschaften der Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit. Die Funktionsfähigkeit wird in der Unklarzeit als Reaktion auf Ausfälle oder Fehler betrachtet, die korrektive Instandhaltung erfordern. Instandhaltbarkeit wird durch die Instandsetzungsdauer der korrektiven und präventiven Instandhaltung nachgewiesen. Die Unterstützbarkeit ist mit der Unklarzeit verbunden, wenn Verzögerungen bei der Lieferung von Instandhaltungsunterstützung auftreten. IEC 61703 enthält Einzelheiten zur Kombination dieser Eigenschaften, um die endgültige Verfügbarkeit zu bestimmen.

Die Klarzeit bezeichnet das Zeitintervall einer Einheit in einem gewünschten Zustand, d. h. Funktion oder Verfügbarkeit zur Nutzung. Sie umfasst die Betriebszeit sowie die Zeit, in der die Funktionen nicht benötigt werden, wie durch die Begriffe „Standby“, „betriebsfrei“, „kein Bedarf“ oder „Unklarzustand aufgrund externer Ursachen“ beschrieben. Es bestehen einige alternative Definitionen, die die Klarzeit als die einzige Betriebszeit (z. B. für Systeme im Dauerbetrieb) oder in einigen Fällen das Verhältnis zwischen tatsächlicher und geplanter Betriebszeit berücksichtigen.

Der Grund für die unterschiedliche Nutzung der Klarzeit ist sicherlich mit der Art der Einheit, auf die sie angewendet wird, verbunden. Eine Einheit kann dauerhaft betrieben sein (eine COI), wenn die Betriebszeit dem betriebsbereiten Zeitintervall entspricht, oder intermittierend betrieben sein (eine IOI), wenn die Betriebszeit kürzer ist als das betriebsbereite Zeitintervall. Eine Maschine ist beispielsweise entweder in Betrieb oder abgeschaltet und wird nicht verwendet. Ein Computersystem ist andererseits als in Betrieb zu betrachten, sobald es eingeschaltet ist, egal, ob es aktiv genutzt wird oder nicht. Darüber hinaus hängt es davon ab, ob die Anlage ein einzelnes Gerät ist oder es sich um ein System mit möglicherweise eingebauter Redundanz handelt.

Ein verkomplizierender Faktor besteht, wenn alle Funktionen nicht verfügbar sind. In diesem Fall ist maßgeblich, ob die Funktion erforderlich ist. Wenn die Funktion nicht benötigt wird, kann behauptet werden, dass die Einheit klar ist. Das Gleiche kann behauptet werden, wenn die Einheit beeinträchtigt ist, aber immer noch ihre erforderliche Funktion erfüllen kann.

Die Unklarzeit umfasst die Zeit, in der eine Einheit nicht in Betrieb genommen werden kann oder in der Lage ist, die erforderlichen Funktionen zu erfüllen. Dies ist üblicherweise in zwei Teile unterteilt: die Zeit, während der eine Einheit ausgefallen ist, und die Zeit, in der geplante Maßnahmen wie die präventive Instandhaltung durchgeführt werden. Der Ausfallzustand beinhaltet Aspekte wie die Diagnose des Problems, die Logistikzeit, die Instandsetzungszeit, die Prüfzeit und die Dauer der Rückkehr zum Betrieb. Die präventive Instandhaltung oder geplante Unklarzeit beinhaltet außerdem einige derselben Aktivitäten, durch die eine Einheit nicht für den Gebrauch verfügbar wird.

Die Definitionen der Klarzeit und der Unklarzeit beziehen sich üblicherweise auf ein Intervall oder einen Zeitraum. Ein sehr häufiger Ansatz besteht jedoch darin, diese Zeit als Prozentsatz anzugeben, was häufig sinnvoller für Vergleichszwecke ist. Der Prozentsatz wird als Verhältnis zur Gesamtzeit berechnet, bei dem die Gesamtzeit die Summe der Klarzeit und der Unklarzeit ist. Dies erfolgt oftmals auf der Grundlage der Kalenderzeit, auch wenn manchmal die Zeit, in der die Einheit nicht betriebsbereit ist, abgezogen wird. Dies ermöglicht Trendanalysen der Klarzeiten und Unklarzeiten, beispielsweise auf monatlicher Basis.

Die Messung der verschiedenen Komponenten der Klarzeit und Unklarzeit ist besonders hilfreich während der Nutzungsphase als Mittel zur Verfolgung der Zuverlässigkeitsleistungsfähigkeit. Dies ist auch nützlich, um Rückmeldungen aus dem Feld zu sammeln und die Funktionsfähigkeitsdaten für die Verwendung in weiteren Berechnungen zu schätzen.

In einer Produktions- oder Herstellungsumgebung kann es tatsächlich nützlicher sein, die Klarzeit zu berücksichtigen, da diese mit der Leistung verbunden ist, wie etwa die Produktion von Öl/Gas oder die Anzahl der hergestellten Teile. In diesem Fall kann es Sinn machen, die Klarzeit als Verhältnis der Betriebszeit der Fertigungsstraße und der erwarteten Betriebszeit zu messen. Wenn die Qualität einer Einheit relevant und messbar ist, führt dies oftmals zu der als Anlagenwirkungsgrad (en: overall equipment effectiveness (OEE)) bezeichneten Messgröße, die die Klarzeit (oder Verfügbarkeit) mit Leistungs- und Qualitätsmessgrößen kombiniert.

5.4 Bestandteile der Klarzeit und Unklarzeit

Klarzeit und Unklarzeit können in unterschiedliche Zeiten unterteilt werden, wie in Bild 2 gezeigt. Alle in diesem Bild dargestellten Zeiten sind Zeitintervalle oder Abfolgen von Zeitintervallen. RT bezeichnet das geforderte Klarzeitintervall (en: required time (191-42-08)) und NRT die Betriebspause (en: non-required time) (191-42-09).

ZEIT								
Klarzeit (192-02-02)					Unklarzeit (192-02-21)			
betriebsbereites Zeitintervall (192-02-17)			Nicht-verfügbarkeitszeitintervall (192-02-19)	betriebsbereites Zeitintervall (192-02-17)	Nichtverfügbarkeitszeitintervall (192-02-19)			
Betriebszeit (192-02-05)	Nichtbetriebszeitintervall (192-02-07).			Betriebszeit (192-02-05)	Nichtbetriebszeitintervall (192-02-07).			
	Zeitintervall des betriebsfreien Zustands (192-02-15)	Zeitintervall des Stand-by-Zustands (192-02-13)	bedingtes Nicht-verfügbarkeitszeitintervall (192-02-24)	Wartungsdauer (192-07-05)	Dauer bis zur Wiederherstellung (192-07-06)			
					Instandsetzungsdauer (192-07-07)	Fehlerzustands-erkennungsdauer (192-07-11)	administrative Verzugsdauer (192-07-12)	
					Instandhaltungsdauer (192-07-02) (siehe Bild 2)			
RT	NRT	RT	NRT	RT	NRT	RT	NRT	RT

Bild 2 – Zeiten in Verbindung mit Betrieb und Instandhaltung

Das obige Bild wird revidiert (zur Korrektur des Nichtverfügbarkeitszeitintervalls als Teil der Klarzeit und der Unklarzeit), auch wenn es aus IEC 60050-192 stammt.

Eine weitere Differenzierung der Zeiten in Verbindung mit der Instandhaltung ist in Bild 3 angegeben.

Instandhaltungszeit (192-07-02)									
Instandsetzungsdauer (192-07-07)					Wartungsdauer (192-07-05)				
logistische Verzugsdauer (192-07-13)	aktive Instandhaltungszeit (192-07-04)								ogistische Verzugsdauer (192-07-13)
	aktive Instandsetzungszeit (192-07-10)				aktive Wartungszeit (192-07-08)				
	technische Verzugsdauer (192-07-15)	Fehlzustands- lokalisierungszeit (192-07-18)	Fehlzustands- behebungsdauer (192-07-14)	Funktions- prüfungsdauer (192-07-16)	technische Verzugsdauer (192-07-15)	Dauer einer Wartungsmaßnahme (192-07-09)	Funktions- prüfungsdauer (192-07-16)		
	Instandsetzungszeit (192-07-19)								

Bild 3 – Zeiten in Verbindung mit der Instandhaltung

Das obige Bild wird revidiert (um die Fehlzustandsdiagnosezeit einzubinden), auch wenn es aus IEC 60050-192 übernommen wurde.

5.5 Echtzeitmessung

Die verschiedenen Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit können als statistische Messgrößen (z. B. Mittelwerte) angegeben werden, um sie analysieren zu können. Für die Unklarzeit aufgrund der korrektiven Instandhaltung geltende Mittelwerte sind in Bild 4 angegeben.

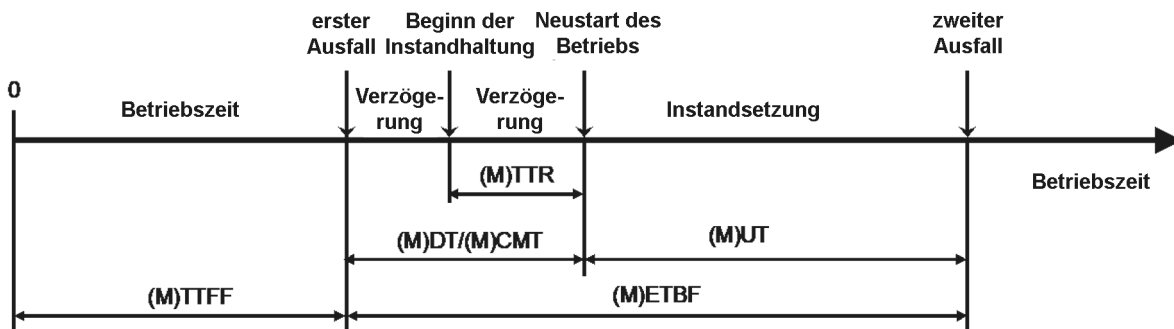


Bild 4 – Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit mit den zugehörigen Mittelwerten aufgrund der korrektiven Instandhaltung

Mittelwerte können auch auf die Unklarzeit der vorbeugenden Instandhaltung nach Bild 5 angewendet werden.

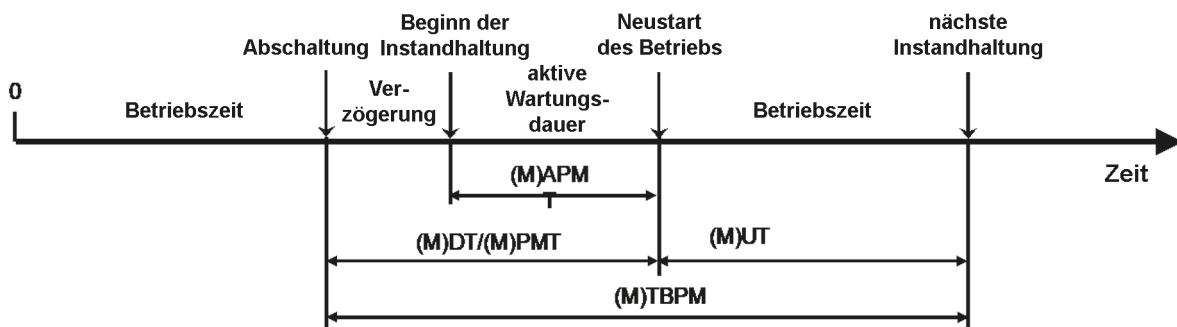


Bild 5 – Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit mit den zugehörigen Mittelwerten aufgrund der vorbeugenden Instandhaltung

Für alle diese Mittelwerte der Unklarzeit ist es wichtig, die Verteilung der Unklarzeit-Werte zu berücksichtigen, weil die Auswahl der Verteilung bei der Anpassung der tatsächlichen Daten an eine Verteilung den berechneten Mittelwert beeinflusst. Die Verteilung der Unklarzeiten aufgrund von Ausfällen kann beispielsweise durch eine logarithmische Normalverteilung oder eine Weibull-Verteilung (siehe IEC 61649) beschrieben werden.

5.6 Szenarien für die betriebliche Verfügbarkeit

Die Art der Verfügbarkeitsmessgrößen richtet sich nach der Art der Anwendung, wie etwa:

- maximal erreichbare Verfügbarkeit zu jedem Zeitpunkt mit minimalen Ausfällen durch Instandhaltung wie etwa die Lieferung von Strom für den Haushaltsgebrauch;
- erreichbare Verfügbarkeit für intermittierende Bedarfszeiträume wie etwa Pumpen oder Druckeinrichtungen oder Privatfahrzeuge, die im Bedarfsfall betrieben werden müssen;
- maximal erreichbare Verfügbarkeit für festgelegte Zeiträume wie etwa Transitedienste während des Tages und Nutzung der Zeiten außerhalb der Betriebszeiten für die erforderliche Instandhaltung;
- Fähigkeit, eine bestimmte Betriebsaufgabe zu erfüllen, dies entspricht der missionsbezogenen Funktionsfähigkeit;
- Verfügbarkeit, um auf einen geforderten Bedarf zu reagieren, wie etwa ein Sicherheitssystem.

Einige dieser Betriebsszenarien sind weiter in Anhang A beschrieben.

5.7 Ausfallsicherheit

Während die Verfügbarkeit vieler Einheiten mit einem definierten Klar- und Unklarzustand verbunden ist, bestehen auch Fälle, in denen Maßnahmen getroffen werden können, um den Betrieb, gegebenenfalls mit reduzierter Leistungsfähigkeit, fortzusetzen. Die Ausfallsicherheit beschreibt die Fähigkeit, den Verlust einer Funktion oder eines Serviceniveaus zu vermeiden oder zu minimieren, um so die Verfügbarkeit zu erhöhen. Die Ausfallsicherheit wird durch ein hohes Maß an Wiederherstellbarkeit verbessert.

Ein ausfallsicheres System wird oftmals durch seine Leistungsfähigkeit beschrieben. Da sich dies auf die Zuverlässigkeit bezieht, ist der Hauptmesswert der Ausfallsicherheit die Verfügbarkeit oder die Fähigkeit, diese Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten. Wie Bild 6 zeigt, impliziert dies, dass ein Mindestmaß an Leistungsfähigkeit besteht, unter dem die Einheit dann als nicht verfügbar gilt.

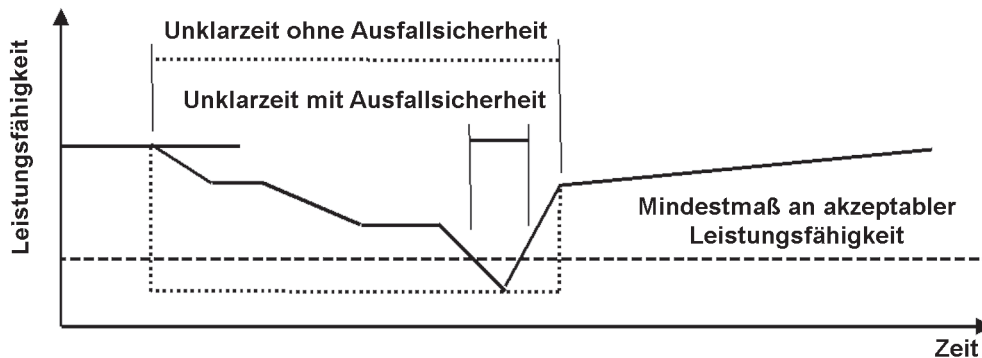


Bild 6 – Ausfallsicherheit in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit

Die Messung der Ausfallsicherheit erfordert eine klare Definition der Leistungsfähigkeit und des akzeptablen Mindestmaßes, bevor die Einheit als nicht funktionsfähig und nicht verfügbar gilt. Insbesondere bei Verwendung zu Vergleichszwecken muss der Zeitraum, über den die Ausfallsicherheit gemessen wird, ebenfalls äquivalent sein. Die Wiederherstellbarkeit ist ein wichtiger Faktor für die Maximierung der Ausfallsicherheit.

5.8 Kapazität

In einigen Systemen wie Aufzügen, Zügen oder Rettungsbooten kann es erforderlich sein, dass die Einheit eine bestimmte Kapazität liefert. Es besteht die Möglichkeit, dass solche Systeme durch die Instandhaltung und andere Probleme teilweise beeinträchtigt sind und trotzdem noch die gesamte Kapazität oder einen Teil derselben bieten. In diesem Fall darf die Verfügbarkeit für verschiedene Kapazitäten gemessen werden.

5.8.1 Kapazitätsbeispiel

Ein Aufzugssystem darf für die Evakuierung im Notfall verwendet werden. Wenn ein Aufzugssystem aus mehreren Aufzügen besteht, kann einer dieser Aufzüge aufgrund einer Inspektion oder Instandhaltung nicht verfügbar oder speziellen Aufgaben vorbehalten sein (d. h. für den Transport von Fracht oder für Umzüge), während

die anderen Aufzüge verfügbar bleiben. Da die Population, die die Funktion dieser Aufzüge benötigt, variieren kann, kann das System trotz einer teilweisen Beeinträchtigung eine adäquate Kapazität liefern. In diesen Fällen kann es angemessen sein, die Verfügbarkeit zu melden und in Abhängigkeit von der Kapazität anstelle eines einzigen Werts zu steuern.

6 Verfügbarkeitsanwendungen

6.1 Allgemeines

Der Umfang, in dem die Verfügbarkeit definiert, geschätzt, festgelegt und gemessen werden können, hängt von der Lebensphase und der spezifischen Anwendung der Einheit ab. Im Grunde ist die Verfügbarkeit eine Eigenschaft einer Einheit, die durch die grundlegenden Eigenschaften der Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit ihrer Bauteile bestimmt wird, wo Kompromisse zwischen denselben die resultierende Verfügbarkeit beeinflussen.

Die Verfügbarkeit einer Einheit kann auf eine Einheit anwendbar sein, die eine spezifische Funktion erfüllt, oder auf ein System verknüpfter Einheiten, die eine höhere Funktion, manchmal mit Redundanz, erfüllen, angewendet werden. In größeren Systemen und Netzwerken hat die Verfügbarkeit oftmals einen weiteren Einfluss auf allgemeinere Anforderungen wie die Kapazität oder Dienstleistungsfähigkeit.

Verfügbarkeit wird hauptsächlich auf instandsetzbare Hardware und gegebenenfalls auf instandsetzbare Hardware mit eingebetteter oder zugehöriger Software angewendet. Die Verfügbarkeit ist jedoch üblicherweise eher eingeschränkt auf Softwaresysteme oder menschliche Aspekte anwendbar.

6.2 Verfügbarkeitskompromisse

Anforderungen an die Verfügbarkeit werden allgemein für Systeme festgelegt, wo durch Unklarheiten wirtschaftliche oder andere Verluste durch erhöhte Betriebskosten, Verletzungen von Personen oder Dienstaussfall entstehen könnten. Dies gilt insbesondere für größere Systeme, Fertigungsstätten, Energieerzeugungsanlagen, medizinische Geräte, Sicherheitseinrichtungen und militärische Systeme. Die Verfügbarkeit kann anhand der Systemkonfiguration, der Subsysteme und ihrer Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit sowie Unterstützbarkeit im Kontext zu betrieblichen und Unterstützungsvorkehrungen geschätzt werden. Verfügbarkeit kann als an einen Bediener oder Endnutzer zu liefernder Service-Level ausgedrückt werden.

Die Schätzung der Verfügbarkeit ist von den Kompromissen abhängig, die zwischen der Funktionsfähigkeit und der Instandhaltbarkeit während der Gestaltung geschlossen werden. Eine hohe Funktionsfähigkeit impliziert eine geringe Ausfallrate, sofern Fehler schnell erkannt und behoben werden. Dies fördert eine hohe Verfügbarkeit, führt aber wahrscheinlich auch zu erhöhten Kosten.

Die Instandhaltbarkeit beeinflusst die Dauer der korrektiven und präventiven Instandhaltungsdauer und dementsprechend auch die Verfügbarkeit. Die Auswirkungen hier sind ebenfalls Aspekte wie erhöhte Kosten, komplexere Instandhaltungsunterstützung, Prüfbarkeit und eine stärkere Betonung auf die Instandhaltbarkeit der Gestaltung (IEC 60300-3-10). Bei der Bewertung der Kompromisse zwischen Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit sowie anderen Faktoren können außerdem Kompromisse zwischen Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit berücksichtigt werden, um die gewünschte Verfügbarkeit beispielsweise bei minimalen Lebenszykluskosten zu erreichen. Bild 7 zeigt, dass die Anschaffungskosten bestehend aus der Gestaltung, der Entwicklung und der Produktion zunehmen, wenn eine höhere Funktionsfähigkeit gewünscht wird. Die Betriebskosten, bestehend aus den Betriebs- und Instandhaltungskosten, werden mit erhöhter Funktionsfähigkeit abnehmen. Dies führt zu minimalen Lebenszykluskosten, die die beiden Komponenten der Anschaffungs- und Betriebskosten gegeneinander abwägen.

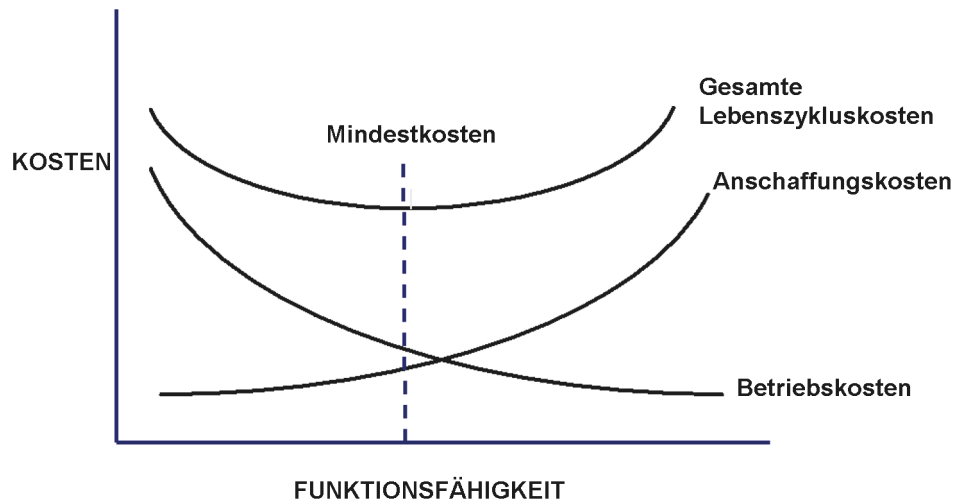


Bild 7 – Ausfallsicherheit in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit

Während der Nutzungsphase des Lebenszyklus verschiebt sich der Schwerpunkt auf die Minimierung administrativer, technischer und logistischer Verzögerungen. Anpassungen der präventiven Instandhaltung müssen gegebenenfalls entsprechend den tatsächlichen Betriebsbedingungen und der Erfahrung mit der Auswirkung auf die Verfügbarkeit aufgrund von Erhöhungen oder Reduzierungen der erreichten Funktionsfähigkeit vorgenommen werden.

6.3 Verfügbarkeitsszenarien für funktionale Systeme

6.3.1 Grundlegendes funktionelles Leistungsvermögen

Die grundlegendste Anwendung für die Verfügbarkeit ist eine Einheit mit ausreichender Komplexität, die aus Einheiten wie Komponenten besteht, die während der geplanten präventiven oder korrekativen Instandhaltung nach einem Ausfall instandgesetzt oder ersetzt werden müssen. Diese Maßnahmen werden zu Unklarzeiten führen, während der die Funktion nicht verfügbar sein wird. Der Betrieb kann auf der Grundlage des fluktuierenden Bedarfs oder über spezifische Zeitintervalle intermittierend sein.

Während der Frühphasen des Lebenszyklus und COTS-Einheiten kann die Unklarzeit möglicherweise nur auf der Grundlage der grundlegenden Instandsetzungszeiten geschätzt werden, während in der Betriebsphase andere Aspekte der Unklarzeit wie etwa administrative und logistische Verzögerungen eingebunden werden können. Die Art und Weise, in der die Verfügbarkeit geschätzt oder gemessen werden kann, wird in Abschnitt 5 und Anhang A beschrieben.

6.3.2 Redundantes funktionelles Leistungsvermögen

Wenn wirtschaftliche oder andere Erwägungen wie Sicherheit oder Risiko dies erfordern, kann die Redundanz in kritische Funktionen eingeführt werden. Dies erhöht die allgemeine Systemfunktionsfähigkeit und ermöglicht Instandhaltung mit einer gleichzeitigen Erhöhung der Verfügbarkeit. Der Vorteil der Redundanz kann jedoch durch das Auftreten von Ausfällen aufgrund gemeinsamer Ursachen reduziert werden. Die Verfügbarkeit wird in derselben Weise gemessen wie für ein grundlegendes funktionales System, außer dass ein Ausfall kombinierter redundanter Systeme auftritt, wenn beide Einheiten der präventiven oder korrekativen Instandhaltung oder einer Kombination derselben unterzogen werden.

6.3.3 Leistungsfähigkeit mit verborgenen Fehlern oder Ausfällen

Der Fehlzustand einer Einheit wird verursacht durch einen Ausfall, entweder der Einheit selbst oder bedingt durch eine Störung zu einem früheren Zeitpunkt im Lebenszyklus, wie bei der Spezifikation, dem Entwurf, der Herstellung oder der Instandhaltung. Dies gilt im Allgemeinen für Subfunktionen, die üblicherweise nicht sehr oft benötigt werden, aber wenn dies der Fall ist, kann die Subfunktion aufgrund eines verborgenen Fehlers/ Ausfalls versagen, was zu einem ernsthafteren Ausfall auf höherer Ebene führt.

Sicherheitssysteme sind ein Sonderfall, weil hier ein Fehler oder Ausfall erst erkannt wird, wenn die Sicherheitseinrichtung gefordert ist, um Schutz vor sicherheitsrelevantem Schaden zu bieten. Wie in Anhang A.3 beschrieben, wird die Verfügbarkeit in diesem Fall auf der Grundlage der Zeit bestimmt, während der der Bedarf realisiert werden kann, im Gegensatz zu dem Zeitpunkt, zu dem der Fehler auftritt und die Einheit nicht mehr verfügbar ist.

6.3.4 Leistung mit Einsatzbereitschaft

Eine Einheit, die eine bestimmte Aufgabe erfüllen muss, kann eine regelmäßige oder intermittierende Instandhaltung während des Wartens auf die Einleitung der Aufgabe erfordern und während dieser Zeit nicht für diese Aufgabe zur Verfügung stehen. Die Verfügbarkeit (oder Nichtverfügbarkeit) ist daher eine relevante Messgröße während dieser Standby-Zeit vor der Einleitung der Aufgabe, wie in Anhang A.4 dargestellt.

6.4 Szenarien betreffend die Kapazität und Dienstleistungsfähigkeit

6.4.1 Kapazitätsleistung

Für Anwendungen wie die Herstellung oder Energieproduktion ist die Verfügbarkeit von Systemen eine wesentliche Komponente, die mit der Leistungsrate und manchmal mit der Qualität verbunden werden kann, um die Gesamtgröße des Kapazitätsleistungsvermögens zu bestimmen. Nichtverfügbarkeit aufgrund von Unklarzeit trägt zu einem Produktionsverlust und Verlust der Lieferfähigkeit und somit zu einer potenziellen Gewinnreduzierung bei.

Die Verfügbarkeit wird in einer Produktionsumgebung wie etwa für Öl und Gas (siehe ISO 20815) beispielsweise mit einer Produktionsrate kombiniert werden, die dann zu einer über einen spezifischen Zeitraum produzierten Gesamtmenge führt. Anhang B.1 enthält ein Beispiel.

6.4.2 Dienstleistungsfähigkeit

Eine weitere Anwendung, die den Anwendungsbereich des funktionellen Leistungsvermögens einer Einheit erweitert, besteht, wo die Verfügbarkeit die Lieferung eines Dienstes wie etwa verschiedene Formen von Transport- oder Hebeeinrichtungen wie Aufzüge beeinflusst. Aus der Anwender-Perspektive wird die Verfügbarkeit als Fähigkeit gesehen, eine angeforderte Dienstleistung wie zugesagt zu liefern. Der Dienstausschlag kann eine kurze Verzögerung aufgrund einer übermäßigen Nachfrage nach dem Dienst, aber auch aufgrund eines Ausfalls der Einheit oder Verlusts der Redundanz sein. Weitere Beispiele sind in Anhang B enthalten.

6.5 Modellierung der Verfügbarkeit

6.5.1 Allgemeines

Verschiedene Modelle können zur Charakterisierung der Verfügbarkeit einer Einheit angewendet werden. Die Hauptfaktoren sind die Architektur der Einheit und die spezifische Darstellung der Komponenten der Klarzeit und der Unklarzeit, die in die Analyse aufgenommen werden. Die Architektur einer Einheit wird grundsätzlich von ihrer Einbindungsebene abhängen und kann wie folgt kategorisiert werden:

- einfaches Blockdiagramm ohne Abhängigkeiten zwischen den Blöcken;
- Blockdiagramm mit Abhängigkeiten zwischen den Blöcken wie dynamische Zuverlässigkeitsblockdiagramme;
- Fehlerbaumdiagramme, die statisch oder dynamisch sein können;
- Hybrid-Blockdiagramm, bei dem einzelne Blöcke für ihre Verfügbarkeit durch ein anderes Modell wie einen Fehlerbaum, ein Markov-Modell (Markov-Modell auf der Grundlage eines Zuverlässigkeitsblockdiagramms (RBD)) oder Petri Net (PN auf der Grundlage eines RBD) simuliert werden können;
- Hybrid-Fehlerbaum, bei dem einzelne Hauptereignisse für ihre Verfügbarkeit durch ein anderes Modell wie ein Zuverlässigkeitsblockdiagramm (RBD), Markov-Modell (Markov-Modell auf Fehlerbaum-Basis) oder Petri Net (PN auf der Grundlage eines Fehlerbaums) simuliert werden können;
- Netzdarstellung mithilfe von Markov-Diagrammen oder Petri Nets.