

Techniken für die Analyse der Zuverlässigkeit
 Verfahren mit dem Zuverlässigkeitsblockdiagramm
 (IEC 1078 : 1991)
 Deutsche Fassung EN 61078 : 1993

DIN
EN 61078

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **IEC 1078**

ICS 29.020

Deskriptoren: Elektrotechnik, Zuverlässigkeit, Zuverlässigkeitsblockdiagramm, Modell

Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram method (IEC 1078 : 1991)

German version EN 61078 : 1993

Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Méthode du diagramme de fiabilité (CEI 1078 : 1991)

Version allemande EN 61078 : 1993

Die Europäische Norm EN 61078 : 1993 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

IEC 1078 : 1991 wurde vom Technischen Komitee 56 "Dependability" erarbeitet.

Der internationale Norm-Entwurf hierzu lag vor als 56(CO)137 mit Abstimmbericht 56(CO)145.

National ist für diese Norm das Komitee 132 "Zuverlässigkeit" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Bezüglich der Begriffe der Zuverlässigkeit wird auf DIN 40041 verwiesen. Insbesondere umfaßt nach DIN 40041 der Begriff Zuverlässigkeit die Funktionsfähigkeit, die Instandhaltbarkeit und die Verfügbarkeit.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise in nationalen Zusätzen:

DIN 40041 Zuverlässigkeit – Begriffe

Fortsetzung 17 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

DK 621.3-192 : 658.562

Deskriptoren: Zuverlässigkeit, Analysetechnik, Zuverlässigkeitsblockdiagramm, Verfügbarkeit, System

Deutsche Fassung

**Techniken für die Analyse der Zuverlässigkeit
Verfahren mit dem Zuverlässigkeitsblockdiagramm
(IEC 1078 : 1991)**

Analysis techniques for dependability –
Reliability block diagram method
(IEC 1078 : 1991)

Techniques d'analyse de la sûreté de fonc-
tionnement – Méthode du diagramme de
fiabilité (CEI 1078 : 1991)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1993-09-22 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

**EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique**

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Das CENELEC-Fragebogenverfahren zur unveränderten Annahme der Internationalen Norm IEC 1078 : 1991 ergab, daß für die Annahme als Europäische Norm keine gemeinsamen Abänderungen notwendig waren.

Das Referenzdokument wurde danach den CENELEC-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt und von CENELEC am 22. September 1993 als EN 61078 genehmigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1994-09-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1994-09-01

Anhänge, die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A und ZA normativ und ist Anhang B informativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 1078 : 1991 wurde von CENELEC als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8.2 Modelle mit gemeinsamen Blöcken	10
Einleitung	2	8.3 m von n -Modelle (nicht identische Einheiten) ..	11
1 Anwendungsbereich	2	8.4 Reduktionsverfahren	12
2 Verweisungen auf andere Normen	2	9 Erweiterung der Verfahren der Zuverlässigkeits-	
3 Begriffe	2	blockdiagramme für Verfügbarkeitsberechnungen ..	13
4 Symbole	3	9.1 Einleitung	13
5 Anwendbarkeit	3	9.2 Annahmen	13
6 Definitionen von Systemfehlzuständen		9.3 Beispiele	13
und Zuverlässigkeitsforderungen	3	9.4 Schlußfolgerungen und allgemeine Bemerkungen	13
6.1 Allgemeines	3	Anhang A (normativ) Symbole und Abkürzungen ...	14
6.2 Detailbetrachtungen	3	Anhang B (informativ) Formelzusammenstellung ...	15
7 Einfache Modelle	3	Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm	
7.1 Modellentwicklung	3	zitierte internationale Publikationen mit	
7.2 Modellauswertung	5	den Verweisungen auf die entsprechenden	
8 Komplexere Modelle	7	europäischen Publikationen	17
8.1 Allgemeine Verfahren	7		

Einleitung

Es gibt verschiedene Verfahren der Zuverlässigkeitsanalyse; eines davon ist das Zuverlässigkeitsblockdiagramm (ZBD). Der Zweck jedes Verfahrens und seine Anwendbarkeit, einzeln oder in Kombination, für die Bewertung der Überlebenswahrscheinlichkeit und Verfügbarkeit eines gegebenen Systems oder einer Komponente sollten von dem Ersteller der Analyse geprüft werden, bevor er mit dem ZBD beginnt. Die Ergebnisse, die bei jedem Verfahren verfügbar werden, die erforderlichen Daten für die Durchführung der Analyse, die Komplexität der Analyse und andere Faktoren, die in dieser Norm beschrieben sind, müssen ebenfalls in die Betrachtung einbezogen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren zur Erstellung eines Modells der Zuverlässigkeit eines Systems und zur Anwendung des Modells für die Berechnung von Maßgrößen der Überlebenswahrscheinlichkeit und der Verfügbarkeit.

Anhang A enthält einen standardisierten Satz von Symbolen, die sich auf Angaben zur Überlebenswahrscheinlichkeit beziehen. Im Anhang B sind einige Formeln angegeben.

2 Verweisungen auf andere Normen

Die folgende Norm enthält Festlegungen, die, durch die Verweisung in diesem Text, auch für diese Internationale Norm gelten. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung war die angegebene Ausgabe gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, sind gehalten, nach Möglichkeit die neueste Ausgabe der nachfolgend aufgeführten Norm anzuwenden. IEC- und ISO-Mitglieder verfügen über Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 50 (191) : 1990

International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service

3 Begriffe

Es gelten die Begriffe des Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuchs (IEV), Kapitel 191.



4 Symbole

Symbole und Abkürzungen werden in Anhang A angegeben.

5 Anwendbarkeit

Ein ZBD ist eine bildhafte Darstellung der Funktionsfähigkeit eines Systems. Es zeigt die logische Verknüpfung der (funktionierenden) Komponenten, die zur Erzielung des Systemerfolgs erforderlich ist.

Die beschriebenen Techniken der Modellerstellung sind primär für die Anwendung auf solche Systeme gedacht, die nicht instandgesetzt werden und bei denen die Reihenfolge der Ausfälle keine Rolle spielt. Bei Systemen, bei denen die Reihenfolge der Ausfälle berücksichtigt werden muß oder bei denen Instandsetzungen ausgeführt werden, sind andere Techniken der Modellerstellung, wie z. B. die Markoffanalyse, besser geeignet. Es wird angenommen, daß sich eine Einheit zu jedem Zeitpunkt nur in einem von zwei möglichen Zuständen befinden kann: ausgefallen oder nicht ausgefallen. In der symbolischen Darstellung wird zwischen Unterbrechung, Kurzschluß oder anderen Fehlzustandsarten nicht unterschieden; bei der zahlenmäßigen Auswertung ist dies jedoch möglich.

6 Definitionen von Systemfehlzuständen und Zuverlässigkeitsforderungen

6.1 Allgemeines

Eine Voraussetzung für die Konstruktion eines Zuverlässigkeitsmodells ist ein gründliches Verständnis der Betriebsarten des Systems. Systeme erfordern oft mehr als eine Fehlzustandsdefinition. Diese sollten angegeben und aufgelistet werden.

Ferner sollten klare Angaben gemacht werden bezüglich

- der auszuführenden Funktionen;
- der Leistungsparameter und ihrer zulässigen Grenzen;
- der Umgebungs- und Betriebsbedingungen.

Verschiedene qualitative Analysetechniken können benutzt werden, um zu einem ZBD zu gelangen. Deswegen muß eine Festlegung über den Fehlzustand des Systems getroffen werden. Der Systemerfolg ist abhängig von einem oder mehreren Systemausfällen. Im nächsten Schritt wird das System für jeden definierten Fehlzustand in logische Blöcke entsprechend dem Zweck der Zuverlässigkeitsanalyse aufgeteilt. Besondere Blöcke können System-Unterstrukturen repräsentieren, die ihrerseits wieder durch andere ZBDs dargestellt werden (System-Reduktion).

Für die quantitative Auswertung eines ZBD stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Je nach Art der Struktur können einfache Boolesche Techniken und/oder Pfad- und Schnittanalysen angewendet werden, und für die Berechnungen können Zuverlässigkeits-/Verfügbarkeitsdaten der Grundkomponenten benutzt werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß ein Zuverlässigkeitsblockdiagramm nicht notwendigerweise die physischen Hardwareverbindungen wiedergibt. Für erfahrene Zuverlässigkeitsingenieure ist dies offenkundig, für andere möglicherweise nicht.

6.2 Detailbetrachtungen

6.2.1 Systembetrieb

Ein System kann möglicherweise in mehr als einer Betriebsart genutzt werden. Wenn für jede Betriebsart ein eigenes System verwendet würde, dann wäre jede unabhängig von den übrigen zu behandeln, und entsprechend müßten eigene Zuverlässigkeitsmodelle benutzt werden. Wird zur Ausführung all dieser Funktionen ein und dasselbe System verwendet, so sollten eigene Diagramme für jede Betriebsart benutzt werden. Für jeden Aspekt des Systembetriebs müssen klar festgelegte Zuverlässigkeitsforderungen vorgegeben sein.

6.2.2 Umweltbedingungen

Zusammen mit den Leistungsspezifikationen des Systems sollten die Umweltbedingungen beschrieben werden, unter denen es betrieben werden darf. Dabei sollten auch alle Bedingungen beschrieben werden, denen das System beim Transport, bei der Lagerung und Nutzung unterliegt.

Oft wird ein und dasselbe Gerät in verschiedenen Umgebungen benutzt, z. B. an Bord eines Schiffes, im Flugzeug oder am Boden. Ist dies der Fall, so darf für Berechnungen der Überlebenswahrscheinlichkeit immer dasselbe Zuverlässigkeitsblockdiagramm, aber mit den entsprechenden Ausfallraten für jede Umgebungsart verwendet werden.

6.2.3 Anwendungszyklen

Die Beziehung zwischen Kalenderzeit, Betriebsdauer und Ein-/Ausschaltzyklen ist darzustellen. Wenn angenommen werden kann, daß der Ein- und Ausschaltvorgang eines Gerätes für sich allein Ausfälle nicht fördert und die Ausfallrate bei der Lagerung zu vernachlässigen ist, braucht nur die tatsächliche Betriebsdauer des Geräts betrachtet werden.

In einigen Fällen jedoch ist gerade der Ein- und Ausschaltvorgang die Hauptursache für den Geräteausfall, und ein Gerät kann bei der Lagerung eine höhere Ausfallrate haben als im Betrieb. In komplexen Fällen, wenn nur ein Teil des Systems ein- und ausgeschaltet wird, können andere Techniken der Modellerstellung (z. B. die Markoffanalyse) besser geeignet sein als Zuverlässigkeitsblockdiagramme.

7 Einfache Modelle

7.1 Modellentwicklung

Im ersten Schritt wird eine Definition des Systemerfolgs gewählt. Ist mehr als eine Definition möglich, so kann jeweils ein unterschiedliches Zuverlässigkeitsblockdiagramm erforderlich sein. Im nächsten Schritt wird das System in Geräteblöcke unterteilt, um das logische Systemverhalten so wiederzugeben, daß jeder Block statistisch unabhängig und möglichst groß

ist, aber gleichzeitig (möglichst) keine Redundanz enthält. Zur Erleichterung der zahlenmäßigen Auswertung sollte jeder Block nur Einheiten enthalten, die der gleichen statistischen Verteilung von Zeitspannen bis zum Ausfall unterliegen.

In der Praxis können mehrere Versuche zur Konstruktion des Blockdiagramms notwendig werden (immer unter der Beachtung der obigen Schritte), bis ein geeignetes Blockdiagramm fertiggestellt ist.

Im nächsten Schritt wird unter Bezugnahme auf die Definition des Systemfehlzustands ein Diagramm erstellt, das die Blöcke zu einem "Erfolgspfad" verbindet. Wie in den folgenden Diagrammen angegeben, verlaufen die verschiedenen Pfade vom Diagrammeingang bis zum Ausgang durch diejenigen Kombinationen von Blöcken, die funktionieren müssen, damit das System funktioniert. Wenn für die Systemfunktion alle Blöcke funktionieren müssen, dann ist das entsprechende Blockdiagramm so beschaffen, daß alle Blöcke in Reihe liegen, wie in Bild 1 dargestellt.



Bild 1

In diesem Diagramm ist "I" das Eingangstor, "O" das Ausgangstor, und A, B, C, ... Z sind die Blöcke, die in ihrer Gesamtheit das System bilden. Diagramme dieser Art heißen "Serien-Zuverlässigkeitsblockdiagramme".

Eine andere Art von Blockdiagramm wird benötigt, wenn der Ausfall einer Komponente oder eines "Blocks" die Systemleistung in bezug auf die Definition des Systemfehlzustands nicht beeinträchtigt. Wenn im obigen Fall die gesamte Verkettungskette verdoppelt (redundant gemacht) wird, so ergibt sich ein Blockdiagramm gemäß Bild 2. Wird dagegen jeder Block in der Kette für sich verdoppelt, so ergibt sich ein Blockdiagramm gemäß Bild 3.

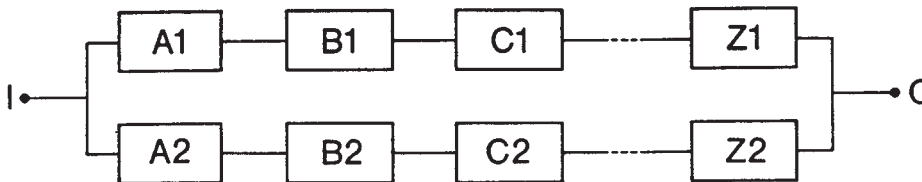


Bild 2

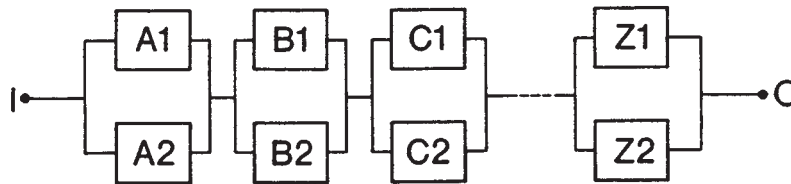


Bild 3

Diagramme dieser Art heißen Parallel-Zuverlässigkeitsblockdiagramme. Die zur Erstellung eines Modells der Systemzuverlässigkeit benutzten Blockdiagramme sind oft Mischungen von Serien- und Paralleldiagrammen. Solch ein Diagramm würde entstehen, wenn wir zum Beispiel eine verdoppelte Fernmeldeverbindungskette aus drei Verbindungsgliedern A, B und C sowie einer gemeinsamen Stromversorgungseinheit D betrachten würde. Damit würde sich ein Diagramm gemäß Bild 4 und Bild 5 ergeben.

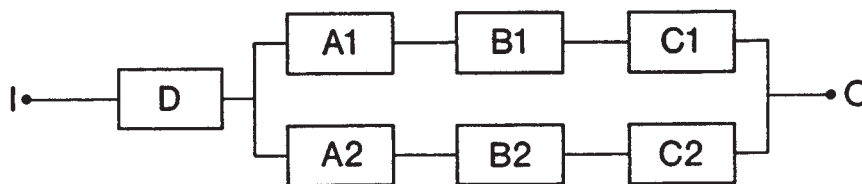


Bild 4

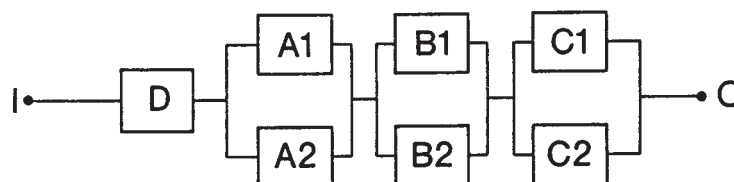


Bild 5

Nach dem obengenannten Prinzip der statistischen Unabhängigkeit darf der Ausfall eines Blocks die Ausfallwahrscheinlichkeit irgendeines anderen Blocks im System nicht ändern. Insbesondere darf der Ausfall eines verdoppelten Blocks die Stromversorgung oder die Signalquellen des Systems nicht beeinflussen.

Häufig ergibt sich die Notwendigkeit, Modelle für Systeme zu erstellen, bei denen gemäß Erfolgsdefinition mindestens m von n parallelen Einheiten für den Systemerfolg erforderlich sind. Das Blockdiagramm nimmt dann die Form von Bild 6 oder Bild 7 an.

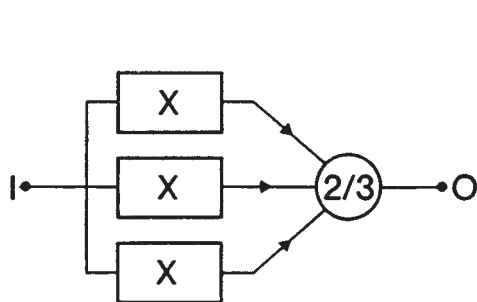


Bild 6

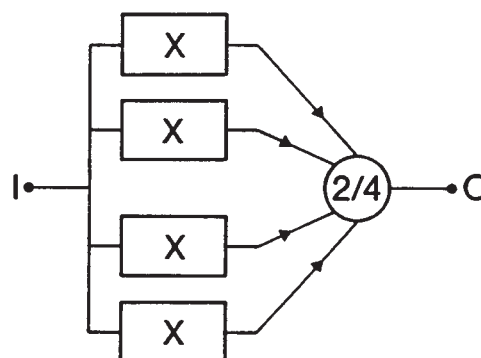


Bild 7

In Bild 6 wird somit der Ausfall einer Einheit zugelassen, nicht aber der von zwei oder mehr Einheiten.

Die meisten Zuverlässigkeitsblockdiagramme sind leicht verständlich, und die Forderungen für den Systemerfolg sind offensichtlich. Jedoch können nicht alle Blockdiagramme zu Kombinationen von Serien- oder Parellelsystemen vereinfacht werden. Ein Beispiel hierfür ist das Diagramm in Bild 8.

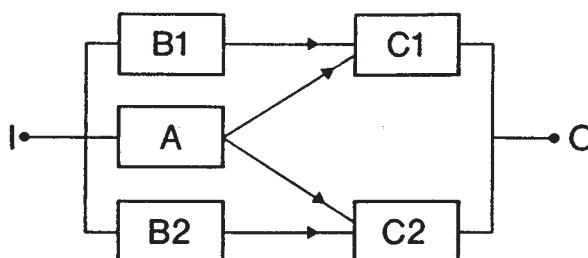


Bild 8

Auch hier ist das Diagramm selbsterklärend. Der Systemerfolg tritt ein, wenn die Einheiten B1 und C1 oder die Einheiten A und C1 oder A und C2 oder schließlich B2 und C2 arbeiten; dagegen sind B1 und C2 allein oder B2 und C1 allein für den Systemerfolg nicht ausreichend. Bild 8 könnte die Treibstoffversorgung für die Triebwerke eines Leichtflugzeugs darstellen. Einheit B1 stellt die Versorgung des Backbordtriebwerks (C1) dar, Einheit B2 die Versorgung des Steuerbordtriebwerks (C2) und Einheit A eine Reserveversorgung für beide Triebwerke. Die Definition des Systemfehlzustands lautet, daß beide Triebwerke ausfallen müssen, bevor das Flugzeug ausfällt.

Es wird darauf hingewiesen, daß in allen obigen Diagrammen kein Block mehr als einmal in einem gegebenen Diagramm erscheint. Die Verfahren, die bei Diagrammen dieser Art für die Entwicklung des Ausdrucks für die Überlebenswahrscheinlichkeit benutzt werden, sind in Abschnitt 8 dargestellt.

7.2 Modellauswertung

Die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Systems, $R_S(t)$, ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein System eine geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen für eine vorgegebene Zeitspanne $(0, t)$ erfüllen kann. Sie wird im allgemeinen durch die Beziehung:

$$R_S(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(u) du \right]$$

ausgedrückt. Dabei bezeichnet $\lambda(u)$ die Systemausfallrate zum Zeitpunkt $t = u$, mit u als Hilfsvariabler. Im folgenden wird $R_S(t)$ aus Gründen der Einfachheit als R_S geschrieben. Das Komplement zur Überlebenswahrscheinlichkeit eines Systems, die Ausfallwahrscheinlichkeit F_S , ist gegeben durch:

$$F_S = 1 - R_S$$

7.2.1 Serienmodelle

Für Systeme entsprechend der Darstellung in Bild 1 ist die Überlebenswahrscheinlichkeit R_S gegeben durch den einfachen Ausdruck:

$$R_S = R_A R_B R_C \dots R_Z, \quad (1)$$

d. h. durch das Produkt der Überlebenswahrscheinlichkeiten aller Blöcke, aus denen das System gebildet wird.