

Siemens AG CT SR SI Otto-Hahn-Ring 6 81739 München

Continental Teves AG & CO. oHG  
Frankfurt Hauptverwaltung  
Hr. Kilb  
QPF. Geb. 20/5.068/H.-L.Ross  
Guerickestr. 7  
60488 Frankfurt am Main

Banf-Nr. / tracking no. <b>11072356</b>		Datum / date <b>2005-03-11</b>		Ihr Ruf / your telephone <b>+49 69 7603-3270</b> Ihr Fax / your fax <b>+49 69 7603-3947</b>		Datum / date <b>2005-03-11</b>	
Org-ID / Customer no. <b>23019920</b>		Bestellnummer / Order no. <b>44224675 0002 YK1 SN 29500</b>				Positionnr. / Order position no.	
		Unsere Abteilung / our department <b>CT SR SI</b>		Name / name <b>Oliv</b>		Durchwahl / telephone <b>+49 89 636-40682</b>	
Versandanschrift/Em Empfänger/Bestimmungsort / Shipping/Recipient/Destination							
Position / Item	Menge / Quantity	Dokumentnummer / document number					
	<b>1</b>	<b>SN 29500-1</b> <b>Ausgabe: 2004-01</b> <b>Sprache: de/en</b>					

**Hinweis:**  
Das Normungs-Informationssystem NORIS-Web von CT SR SI, bietet Ihnen Informationen und Service zu allen Normen und Technischen Regeln sowie zu Firmencodes. Sie können NORIS-Web erreichen unter <http://nweb.mchp.siemens.de/>

**Note:**  
The CT SR SI standard information system NORIS-Web offers you informations and services regarding all standards and technical regulations as well as company codes. You can find us at: <http://nweb.mchp.siemens.de/>

---

ICS 21.020

Deskriptoren: Ausfallrate, Bauelement, Erwartungswert, Zuverlässigkeit  
Descriptors: Failure rate, component, expected value, reliability, dependability

Ersatz für Ausgabe 1996-06  
Supersedes Edition 1996-06

Ausfallraten Bauelemente  
**Erwartungswerte, Allgemeines**

---

Failure rates of components  
**Expected values, General**

Fortsetzung Seite 2 bis 11  
Continued on pages 2 to 11

**In Zweifelsfällen ist der deutsche Originaltext als maßgebend heranzuziehen.**

In Übereinstimmung mit der gängigen Praxis in Normen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) und der Internationalen Organisation für Normung (ISO), wird in dieser Norm auch im englischen Text das Komma als Dezimalzeichen verwendet.

**In case of doubt the German language original should be consulted as the authoritative text.**

In keeping with current practice in standards published by the International Electrotechnical Commission (IEC) and the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.

**Frühere Ausgaben**

08.77; 12.78; 07.81; 08.84; 03.89; 11.91; 06.96

**Earlier Editions**

08.77; 12.78; 07.81; 08.84; 03.89 11.91, 06.96

**Änderungen**

Gegenüber der Ausgabe Juni 1996 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 4 – Paragraph 3: Der Text wurde gekürzt aus der IEC 61709 übernommen und ins Deutsche übertragen.
- b) Tabelle 1 wurde entfernt und stattdessen wird auf Tabelle 1 in SN 29500-1 H1 (Hinweis 1) verwiesen.
- c) Aktualisierung der zitierten Normen
- d) redaktionelle Überarbeitung.

**Amendments**

The following amendments were made with respect to the June 1996 edition:

- a) Clause 4 – para 3: this text has been adopted from IEC 61709 and some parts have been shortened. The German version has been adapted accordingly.
- b) table 1 has been removed and a reference to table 1 in SN 29500-1 H1 (Note 1) has been added instead
- c) update of normative references
- d) editorial revision

**Erläuterung**

Auf Veranlassung der Geschäftsbereiche wurde die Bearbeitung Siemens-einheitlicher Ausfallraten unter Mitwirkung von Vertretern der Geschäftsbereiche und von CT SR durchgeführt.  
Diese Norm wurde im TRAK SN 29500 vereinbart.

**Explanation**

At the instigation of the Siemens operating Groups, the failure rates in this standard were established and implemented in collaboration with representatives of the Groups and CT SR.  
This standard was agreed to by the expert team of the TRAK SN 29500.

Inhalt	Seite
<b>1 Anwendungsbereich und Zweck</b>	<b>4</b>
<b>2 Begriffe</b>	<b>5</b>
2.1 Umgebungstemperatur	5
2.2 Mittlere Umgebungstemperatur	5
2.3 Referenzbedingungen	5
2.4 Betriebsart	5
2.5 Einsatzart	6
<b>3 Ausfallraten</b>	<b>6</b>
3.1 Bedeutung des Erwartungswertes	6
3.2 Zeitbereich	7
3.3 Abweichungen von Herstellerangaben	7
<b>4 Umrechnung der Erwartungswerte bei Referenzbedingungen auf Betriebsbedingungen</b>	<b>7</b>
4.1 Spannungsabhängigkeit, Faktor $\pi_U$	8
4.2 Stromabhängigkeit, Faktor $\pi_I$	8
4.3 Temperaturabhängigkeit, Faktor $\pi_T$	9
4.4 Aussetzbetrieb, Faktor $\pi_W$	10
<b>5 Qualität</b>	<b>10</b>
Zitierte Normen	11

---

Contents	Page
<b>1 Scope</b>	<b>4</b>
<b>2 Terms and definitions</b>	<b>5</b>
2.1 Ambient temperature	5
2.2 Mean ambient temperature	5
2.3 Reference condition	5
2.4 Operating mode	5
2.5 Description of environment	6
<b>3 Failure rates</b>	<b>6</b>
3.1 Meaning of expected value	6
3.2 Time interval	7
3.3 Deviation from manufacturers' specifications	7
<b>4 Conversion of expected values from reference conditions to operating conditions</b>	<b>7</b>
4.1 Voltage dependence, factor $\pi_U$	9
4.2 Current dependence, factor $\pi_I$	8
4.3 Temperature dependence, factor $\pi_T$	7
4.4 Stress profile, factor $\pi_W$	10
<b>5 Quality</b>	<b>10</b>
Normative references	11

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

In zunehmendem Maße sind Auftraggebern und Kunden Zuverlässigkeitsberechnungen für unsere Erzeugnisse nachzuweisen.

Die meist angewendete Kenngröße für Zuverlässigkeitsberechnungen von Baugruppen und Geräten ist die Ausfallrate.

Die in den Teilen dieser Norm (siehe aktuelle Übersicht in Tabelle 1 SN 29500-1 H1 - Hinweis 1) angegebenen Bauelementenausfallraten werden in der Siemens AG und den Siemens Gesellschaften als einheitliche Basis für Zuverlässigkeitsvorhersagen verwendet.

Die Norm enthält auch die Bedingungen, auf die sich die Angabe von Bauelementenausfallraten bezieht (Referenzbedingungen). Der Bezug auf solche festgelegten Bedingungen ist notwendig, wenn Ausfallratenwerte genannt werden oder wenn solche Werte aus unterschiedlichen Quellen untereinander verglichen werden. Basis für die Festlegung der Referenzbedingungen und die Umrechnungsmodelle für Ausfallraten in Abhängigkeit von den Beanspruchungen ist die DIN EN 61709. Die in den Teilen dieser Norm beschriebenen Umrechnungsmodelle werden für die Umrechnung der Ausfallraten von Referenzbedingungen auf die tatsächlichen Betriebsbedingungen benutzt. Der vorliegende Teil 1 der Norm enthält allgemeine Erläuterungen und ist im Zusammenhang mit einem der Normteile aus Tabelle 1, SN 29500-1 H1 - Hinweis 1 anzuwenden.

### Anmerkung

Die aktuell gültigen Teile der Norm SN 29500 sind in Tabelle 1, SN 29500-1 H1 – Hinweis 1 aufgeführt.

## 1 Scope

To an increasing degree, customers require demonstration of reliability calculations for our products.

The failure rate is the most frequently used characteristic in determining the reliability of sub-assemblies and units of equipment.

The component failure rates specified in the individual parts of this standard as listed in table 1 SN 29500-1 H1 – Note 1 are used by Siemens AG and the Siemens companies as a uniform basis for reliability predictions.

This standard also contains the underlying conditions for which the component failure rates apply (reference conditions). Reference to such conditions is needed when failure rates are stated or when values from different sources are compared. The basis for the definition of the reference conditions and the conversion models for failure rates depending on the stress conditions is the IEC 61709. The stress models described in this standard are used as a basis for conversion of the failure rate data at reference conditions to the actual operating conditions.

This part of the standard contains general explanations and shall be used in conjunction with one of the following parts of the standard.  
(ref. Table 1, SN 29500-1 H1 – Note 1)

### Note

The current valid versions of the parts of this standard are shown in Table 1, SN 29500-1 H1 – Note 1

## 2 Begriffe

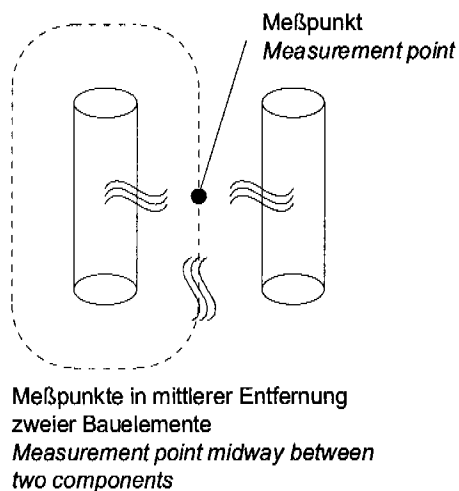
### 2.1 Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur ist die Temperatur des Mediums, welches das als nicht betrieben angenommene Bauelement innerhalb einer übergeordneten Einheit während der Betriebszeit direkt umgibt.

### 2.2 Mittlere Umgebungstemperatur

Die mittlere Umgebungstemperatur ist der Mittelwert der Umgebungstemperatur von Bauelementen bei vergleichbarer Einsatzart. Gegebenenfalls bedeutet dies auch die Mittelung über zeitliche Temperaturschwankungen.

Bild 1 zeigt schematisch zwei Beispiele für die Bestimmung der mittleren Umgebungstemperatur.



## 2 Terms and definitions

### 2.1 Ambient temperature

The ambient temperature is the temperature of the medium that directly surrounds the component assumed as non-operating, as part of a major unit during the operating period.

### 2.2 Mean ambient temperature

The mean ambient temperature is the mean value of the ambient temperature of components in comparable applications. This may involve averaging temperature fluctuations with time.

Fig. 1 schematically shows two examples of determining the mean ambient temperature.

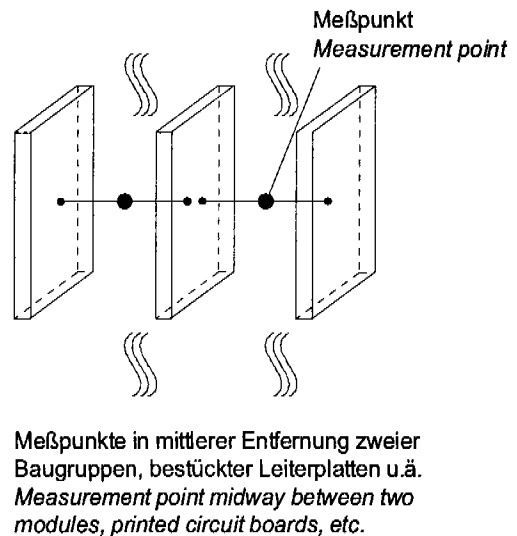


Bild 1. Beispiele für die Bestimmung der mittleren Umgebungstemperatur  
Fig. 1. Examples for determining the mean ambient temperature

### 2.3 Referenzbedingungen

Die Referenzbedingungen für die in den Teilen dieser Norm enthaltenen Erwartungswerte sind so gewählt, dass sie der Mehrzahl der Anwendungen der aufgeführten Bauelemente in Geräten entsprechen.

### 2.4 Betriebsart

Die Betriebsart gibt an, ob die Bauelemente während ihrer Einsatzzeit dauernd oder unterbrochen betrieben werden.

Es wird unterschieden in

#### Dauerbetrieb

- während einer längeren Dauer mit gleichbleibender Beanspruchung (z.B. Prozesssteuerungen)
- während einer längeren Dauer mit wechselnder Beanspruchung (z.B. Fernsprech-Vermittlungseinrichtungen),
- während einer längeren Dauer mit gleichbleibender Minimalbeanspruchung und kurzzeitigen Maximalbeanspruchungen (z.B. Feuermeldeanlagen)

#### Aussetzbetrieb

- mit gleichbleibender Beanspruchung in den Betriebsphasen (z.B. Prozesssteuerungen)
- mit wechselnder Beanspruchung in den Betriebsphasen (z.B. Steuerungen in Bearbeitungsmaschinen, Straßenverkehrs-Signalanlagen).

### 2.3 Reference conditions

The reference conditions for the expected values stated in the individual parts of this standard are selected so as to correspond to the majority of applications for the stated components.

### 2.4 Operating mode

The description of the operating mode specifies whether the components are operated continuously or with breaks during their application.

A distinction is made between

#### continuous duty

- for a relatively long duration with constant load (e.g. process controls)
- for a relatively long duration with changing load (e.g. telephone switching equipment),
- for a relatively long duration with constant minimum load and short-duration maximum loads (e.g. fire-alarm systems)

#### intermittent duty

- with constant load during the operating phases (e.g. process controls)
- with changing load during the operating phases (e.g. control units in machining installations, road traffic signals).

## 2.5 Einsatzart

Die Einsatzart gibt an, unter welchen klimatischen und mechanischen Beanspruchungen die Bauelemente während ihres Einsatzes betrieben werden. Die Instandhaltung wird von geschultem Personal durchgeführt.

## 3 Ausfallraten

Der Begriff Ausfallrate ist in IEC 60050(191) festgelegt. Der Zahlenwert für die Ausfallrate eines Bauelementes gibt an, welcher Ausfallanteil unter gegebener umgebungs- und funktionsbedingter Beanspruchung, bezogen auf das betrachtete Zeitintervall, im Mittel zu erwarten ist. Die Angabe von Zahlenwerten, die aus einer einzelnen Stichprobe bestimmt wurden, ist nicht sinnvoll, da sich damit zufällig streuende Prognosewerte für Baugruppen und Geräte ergeben würden.

Die Ausfallraten  $\lambda_{ref}$  in der Normreihe sind bei Betrieb unter den angegebenen Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 2.3) als Erwartungswerte für den angegebenen Zeitbereich und die Gesamtheit der Lose zu verstehen. D.h., es ist zu erwarten, dass sich im künftigen Einsatz unter den angegebenen Bedingungen im Mittel die genannten Werte ergeben. Die Angabe von Bauelemente-Ausfallraten gilt jeweils nur für die genannten Bedingungen. In dieser Norm werden deshalb Referenzbedingungen festgelegt.

Ausfallraten haben die Einheit 1/Zeit. Sie werden in dieser Norm in FIT (engl.: Failures in Time) angegeben, d.h. als Ausfallanzahl in  $10^9$  Bauelementestunden.

### 3.1 Bedeutung des Erwartungswertes

Die in den Teilen dieser Norm angegebenen Ausfallraten werden aus Einsatzerfahrungen unter Berücksichtigung von Testergebnissen fremder Quellen und unter Anpassung an die Referenzbedingungen ermittelt. Es ist zu erwarten, dass sich auch im zukünftigen Einsatz unter gleichen Bedingungen im Mittel die gleichen Werte ergeben. In diesem Sinne ist der Erwartungswert zu verstehen.

Bei den Werten aus Felderfahrungen werden alle Ausfälle berücksichtigt, die bei der Überprüfung der ausgewechselten Einheiten (z.B. Baugruppen) reproduziert werden können. Dabei wird nicht in einzelne Ausfallursachen unterschieden (z.B. Herstellfehler des Bauelementes, Beanspruchung, äußere Einflüsse im Rahmen der spezifizierten Werte).

Die Erfahrung zeigt, dass bei einem Teil der beanstandeten Einheiten bei der Überprüfung kein Fehler festgestellt werden kann. Diese Einheiten sind bei der Ermittlung der Ausfallrate nicht berücksichtigt. Sie müssen daher bei der Planung der Ersatzteilkhaltung von Anwendern der Norm zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Angabe von statistischen Vertrauensgrenzen für Erwartungswerte ist nicht sinnvoll, da diese nur bei Zahlenwerten, die aus einzelnen Stichproben gewonnen werden, bestimmt werden.

## 2.5 Description of environment

The description of the operating environment defines the prevailing climatic and mechanical stresses during operation of the component. Maintenance will be performed by trained personnel.

## 3 Failure rates

The concept failure rate is defined in the international standard IEC 60050(191). The numerical value of the failure rate of a component specifies what proportion of failures can be expected on average under given ambient and functional loading in the time interval under consideration. It is not useful to specify numerical values that were determined from a single random sample as this results in randomly scattered prediction values for sub-assemblies and units of equipment.

The failure rates  $\lambda_{ref}$  stated in the individual parts of the standard should be understood as expected values for the stated time interval and the entirety of lots and apply to operation under the stated reference conditions (see Clause 2.3); i.e. it is to be expected that in future use under the given conditions the stated values will, on average, be obtained. Stated component failure rates always apply only under the given conditions. In this standard, therefore, reference conditions are defined.

Failure rates have the dimension one over time. In this standard they are specified in FIT (Failures in Time), i.e. the number of failures in  $10^9$  component hours.

### 3.1 Meaning of expected value

The failure rates stated in the individual parts of this standard are determined from the field while also taking test results from external sources into account and then adapting these to the reference conditions. It can be expected that in future use under the same conditions, the same values will, on average, result. The expected value is to be understood in this sense.

For data obtained from the field, all failures are included that can be reproduced during the testing of the replaced units (e.g. subassemblies). The individual reasons for failures are not important here (e.g. manufacturing fault of a component, stress, external effects within the range of the specified values).

Experience shows that in some of the rejected units no defects can be found. These units are not considered for the determination of the failure rate. They must, therefore, be taken into account separately by users of the standard when planning spare-parts logistics.

Confidence limits for expected values are not reasonable because they will only be determined for estimated failure rates based on samples (life tests).

### 3.2 Zeitbereich

Die angegebenen Ausfallraten stellen sich erst nach der Frühausfallphase ein. Dies ist der Zeitbereich bis zum Erreichen der konstanten Ausfallrate. Angaben dazu sind in den Teilen dieser Norm enthalten.

Diese Angaben dienen dazu,

- den Nutzen von Vorbehandlungsverfahren zu beurteilen,
- den erhöhten Serviceaufwand für komplexe Erzeugnisse während der Gewährleistungszeit abzuschätzen.

Die Berechnung von Zuverlässigkeitskenngrößen zur Bewertung komplexer Erzeugnisse sollte nur mit den nach der Frühausfallphase geltenden Erwartungswerten durchgeführt werden, die in den folgenden Teilen dieser Norm angegeben sind.

### 3.3 Abweichungen von Herstellerangaben

Beim Vergleich der in den Teilen dieser Norm angegebenen Erwartungswerte mit Angaben in Datenblättern oder auf Anfrage bei Bauelementherstellern ist folgendes zu beachten:

- Stammen die Herstellerangaben aus Kurzzeitprüfungen mit stark überhöhten Beanspruchungen und werden sie unter undifferenzierter Anwendung von Umrechnungsfaktoren auf normale Beanspruchung für eine lange Beanspruchungsdauer übertragen, so können sie von den im Betrieb ermittelten Werten abweichen.
- Aufgrund der unterschiedlichen Vorgehensweise bei der Ermittlung der Ausfallraten beim Hersteller (z.B. worst case tolerierte Bauelemente) und beim Anwender (z.B. Funktion trotz Parameteränderungen erhalten, Fehlerfortpflanzungsgesetz) können sich günstigere Werte ergeben.

Allgemein ist es ratsam, die aus Einsatzerfahrungen ermittelten Ausfallraten zu berücksichtigen.

## 4 Umrechnung der Erwartungswerte bei Referenzbedingungen auf Betriebsbedingungen

Werden die Bauelemente nicht mit den in den Teilen dieser Norm genannten "Referenzbedingungen" betrieben, so ergeben sich Ausfallratenwerte, die von denen bei Referenzbedingungen abweichen. In diesen Fällen sind die Ausfallraten mit den dafür festgelegten  $\pi$ -Faktoren umzurechnen.

Zur Umrechnung der Ausfallraten von Referenz- auf Betriebsbedingungen werden die folgenden Umrechnungsmodelle verwendet. Diese Umrechnungsmodelle enthalten Konstanten, die nach dem Stand der Technik festgelegt wurden. Sie sind Mittelwerte über von verschiedenen Herstellern angegebene typische Werte für Bauelemente. Fallweise sind in den Teilen dieser Norm noch zusätzliche Umrechnungsfaktoren angegeben (z.B. für Driftempfindlichkeit, Schaltspielabhängigkeit).

Ein Umrechnungsfaktor für die Auswirkungen der umgebungsbedingten Beanspruchungen wird in dieser Norm nicht verwendet, da der Einfluss der Umgebungsbedingungen auf das Bauelement wesentlich von der Auslegung des Geräts abhängt. Ein solcher Einfluss kann jedoch bei der Zuverlässigkeitsvorhersage durch einen pauschalen Anwendungsfaktor berücksichtigt werden.

### 3.2 Time interval

The stated failure rates apply only after the early failure period which is the time period up to the start of the constant failure rate period. Details on how to treat the early failure period are given in the individual parts of this standard. These details serve to

- judge the benefit of burn-in/run-in methods,
- estimate the increased service requirements for complex products during the warranty period.

Calculation of reliability characteristics in order to assess complex products should be performed only with the expected values that apply after the early failure period, as stated in the individual parts of this standard.

### 3.3 Deviation from manufacturers' specifications

When comparing the expected values given in the individual parts of this standard with specifications in data sheets or other information released by component manufacturers, the following shall be considered:

- If a manufacturer's stated values originate from accelerated tests with high stresses and have been converted to normal levels of stress for a long period through undifferentiated use of conversion factors, they may deviate from the values observed in operation.
- Due to the different procedures used to determine failure rates by the manufacturer (e.g. worst case tolerated components) and by the user (e.g. function maintained despite parameter changes, fault propagation law), more favourable values may be obtained.

In general it is advisable to take the failure rates determined from field data into consideration.

## 4 Conversion of expected values from reference conditions to operating conditions

If components are not operated under the reference conditions as stated in this standard, failure rates result that differ from those under reference conditions. In such cases, the failure rates shall be converted with the  $\pi$  factors defined for this purpose.

To convert the failure rates from reference to operating conditions, the following conversion models are used. These models contain constants that were defined according to the state of the art. These are averages of typical component values specified by various manufacturers. In the relevant cases, additional conversion factors are specified in the individual parts of this standard (e.g. for drift sensitivity, switching rate dependence).

A factor for the effect of environmental application conditions is basically not used here because the influence of the environmental application conditions on the component depends essentially on the design of equipment. Thus, such an effect may be considered within the reliability prediction of equipment using an overall environmental application factor.



Die Ausfallrate bei Betriebsbedingungen  $\lambda$  berechnet sich zu

The failure rate under operating conditions  $\lambda$  is calculated as follows

$$\lambda = \lambda_{ref} \times \pi_U \times \pi_I \times \pi_T \quad (1.1)$$

Hierin bedeuten / where:

$\lambda_{ref}$	Ausfallrate bei Referenzbedingungen	failure rate under reference conditions
$\pi_U$	Faktor für Spannungsabhängigkeit	voltage dependence factor
$\pi_I$	Faktor für Stromabhängigkeit	current dependence factor
$\pi_T$	Faktor für Temperaturabhängigkeit	temperature dependence factor

#### 4.1 Spannungsabhängigkeit, Faktor $\pi_U$ <sup>1)</sup>

#### 4.1 Voltage dependence, factor $\pi_U$ <sup>1)</sup>

$$\pi_U = \exp \left\{ C_1 \times \left( U^{C_2} - U_{ref}^{C_2} \right) \right\} \quad (1.2)$$

oder / or

$$\pi_U = \exp \left\{ C_3 \times \left[ \left( \frac{U}{U_{max}} \right)^{C_2} - \left( \frac{U_{ref}}{U_{max}} \right)^{C_2} \right] \right\} \quad (1.3)$$

Hierin bedeuten / where:

$U$	Betriebsspannung in Volt	operating voltage in volts
$U_{ref}$	Referenzspannung in Volt	reference voltage in volts
$U_{max}$	maximal zulässige Spannung in Volt	rated voltage in volts
$C_1$	Konstante in $(1/V)^{C_2}$	constant in $(1/V)^{C_2}$
$C_2, C_3$	Konstanten	constants

Die angegebenen Gleichungen sind ein empirisches Modell zur Beschreibung der Spannungsabhängigkeit von Ausfallraten.

These stated equations provide an empirical model to describe the voltage dependence of the failure rates.

Anmerkung: Gleichung (1.3) wird von Gleichung (1.2) abgeleitet mit  $C_1 = C_3 / (U_{max})^{C_2}$

N.B. Equation (1.3) is derived from Equation (1.2) with  $C_1 = C_3 / (U_{max})^{C_2}$

#### 4.2 Stromabhängigkeit, Faktor $\pi_I$

#### 4.2 Current dependence, factor $\pi_I$

$$\pi_I = \exp \left\{ C_4 \times \left[ \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^{C_5} - \left( \frac{I_{ref}}{I_{max}} \right)^{C_5} \right] \right\} \quad (1.4)$$

Hierin bedeuten / where

$I$	Betriebsstrom in Ampere	operating current in amperes
$I_{ref}$	Referenzstrom in Ampere	reference current in amperes
$I_{max}$	maximal zulässiger Strom in Ampere	rated current in amperes
$C_4, C_5$	Konstanten	constants

Die angegebene Gleichung ist ein empirisches Modell zur Beschreibung der Stromabhängigkeit von Ausfallraten.

This equation provides an empirical model to describe the current dependence of the failure rates.

1) Gilt nur für Bauelemente mit weiten, variablen Versorgungsspannungsbereichen und nicht für die Berechnung des Einflusses von Versorgungsspannungsschwankungen bei festen Versorgungsspannungen.

1) Only applicable for components with wide and flexible power supply voltage ranges. Not applicable for calculating the effect of supply voltage variations at a given power supply voltage.

### 4.3 Temperaturabhängigkeit, Faktor $\pi_T$

### 4.3 Temperature dependence, factor $\pi_T$

$$\pi_T = \frac{A \times e^{Ea_1 \times z} + (1-A) \times e^{Ea_2 \times z}}{A \times e^{Ea_1 \times z_{ref}} + (1-A) \times e^{Ea_2 \times z_{ref}}} \quad (1.5)$$

mit / with

$$z = 11605 \times \left( \frac{1}{T_{U,ref}} - \frac{1}{T_2} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}} \quad \text{und}$$

$$z_{ref} = 11605 \times \left( \frac{1}{T_{U,ref}} - \frac{1}{T_1} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}}$$

Hierin bedeuten / where:

A	Konstante	constant
$Ea_1, Ea_2$	Aktivierungsenergien in Elektronvolt	activation energies in electron volts
$\theta_{U,ref}$	Referenz-Umgebungstemperatur in °C	reference ambient temperature in degrees Celsius
$T_{U,ref}$	$= \theta_{U,ref} + 273$ in Kelvin	
$T_1$	$= \theta_1 + 273$ in Kelvin	
$T_2$	$= \theta_2 + 273$ in Kelvin	

Die Temperaturen  $\theta_1$  und  $\theta_2$  in Grad Celsius bedeuten für  
The temperatures  $\theta_1$  and  $\theta_2$  in degrees Celcius mean for

• Integrierte Schaltungen / *integrated circuits*

$\theta_1 = \theta_{vj,1}$	Referenz-Ersatzsperrschichttemperatur <sup>2)</sup>	reference virtual (equivalent) junction temperature <sup>2)</sup>
$\theta_2 = \theta_{vj,2}$	tatsächliche Ersatzsperrschichttemperatur	actual virtual (equivalent) junction temperature

• Diskrete Halbleiter, optoelektronische Bauelemente / *discrete semiconductors, opto-electronic components*

$\theta_1 = \theta_{j,1}$	Referenz-Sperrschichttemperatur	reference junction temperature
$\theta_2 = \theta_{j,2}$	tatsächliche Sperrschichttemperatur	actual junction temperature

• Kondensatoren / *capacitors*

$\theta_1 = \theta_{c,1}$	Referenz-Kondensatortemperatur	reference capacitor temperature
$\theta_2 = \theta_{c,2}$	tatsächliche Kondensatortemperatur	actual capacitor temperature

• Widerstände / *resistors*

$\theta_1 = \theta_{r,1}$	mittlere Referenz-Oberflächentemperatur	average reference temperature of resistor element
$\theta_2 = \theta_{r,2}$	mittlere tatsächliche Oberflächentemperatur	average actual temperature of resistor element

• Induktivitäten / *inductors*

$\theta_1 = \theta_{w,1}$	mittlere Referenz-Wicklungstemperatur	average reference temperature of winding
$\theta_2 = \theta_{w,2}$	mittlere tatsächliche Wicklungstemperatur	average actual temperature of winding

• sonstige Bauelemente der Elektronik / *other electronic components*

$\theta_1 = \theta_{u,1}$	Referenz-Bauelementetemperatur	reference component temperature
$\theta_2 = \theta_{u,2}$	tatsächliche Bauelementetemperatur	actual component temperature

<sup>2)</sup> Definition Ersatzsperrschichttemperatur nach DIN IEC 60747 Teil 1  
Definition of virtual (equivalent) junction temperature as per IEC 60747-1

Die angegebene Formel ist ein empirisches Modell zur Beschreibung der Temperaturabhängigkeit der Ausfallraten. Die in der Formel verwendeten zwei Aktivierungsenergien ( $Ea_1$ ,  $Ea_2$ ) sollen andeuten, dass unterschiedliche Ausfallmechanismen den Ausfallprozess bestimmen. Die Zahlenwerte für die Konstanten  $A$ ,  $Ea_1$  und  $Ea_2$  sind Approximationen.

In den einzelnen Teilen dieser Norm sind fallweise die Referenz-Temperaturen in den Tabellen für die Ausfallraten bei Referenzbedingungen angegeben. Außerdem sind fallweise in den einzelnen Teilen dieser Norm in den Tabellen für die Faktoren  $\pi_T$  die Konstanten  $A$ ,  $Ea_1$  und  $Ea_2$  angegeben.

#### 4.4 Aussetzbetrieb, Faktor $\pi_W$

Die Bauelemente werden während der Betriebszeit der Baugruppe oder des Gerätes häufig nicht durchgehend beansprucht. Zwischen den Betriebsperioden sind Pausen ohne elektrische Belastung. Dies wird durch den Umrechnungsfaktor für Aussetzbetrieb  $\pi_W$ , bezogen auf die Ausfallrate  $\lambda$  nach Gleichung (1.1) berücksichtigt. Damit erhält man die Ausfallrate bei Aussetzbetrieb zu

$$\lambda_W = \lambda \times \pi_W \quad (1.6)$$

mit / with

$$\pi_W = W + R \frac{\lambda_0}{\lambda} (1 - W); \quad 0 \leq W \leq 1; \quad R \geq 0$$

Hierin bedeuten / where:

W	Beanspruchungsdauer Bauelement / Betriebszeit Gerät; $0 \leq W \leq 1$	Ratio: duration of component stress to operating time of equipment; $0 \leq W \leq 1$
R	Konstante: sie berücksichtigt die Erfahrung, dass auch nicht beanspruchte Bauelemente Ausfälle zeigen.	Constant: this takes into account that even non-stressed components may fail.
$\lambda_0$	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur $\theta_0$ , jedoch unter elektrischer Last. Die Stillstandtemperatur ist die Bauelemente- bzw. Sperrschichttemperatur während der beanspruchungsfreien Pause. $\lambda_0 = \lambda_{ref} \times \pi_T(\theta_0)$	Failure rate at wait-state temperature, but under electrical stress. The wait-state temperature is the component or junction temperature during the non-stress phase. $\lambda_0 = \lambda_{ref} \times \pi_T(\theta_0)$
$\lambda$	Ausfallrate bei Betriebs- bzw. Referenztemperatur nach Gleichung (1.1)	Failure rate under actual operating or reference temperature as in Equation (1.1)

## 5 Qualität

Den Ausfallratenwerten in den einzelnen Teilen dieser Norm liegt ein Qualitätsstandard zugrunde, der durch die Siemens-Norm SN 72500 oder vergleichbare Richtlinien abgesichert ist. Anwendungsschwerpunkte sind u.a. in den Bereichen der Steuerungstechnik, Datenverarbeitung und Nachrichtentechnik.

The stated formula provides an empirical model to describe the temperature dependence of the failure rates. The two activation energies ( $Ea_1$ ,  $Ea_2$ ) in the formula are used to allow for cases where two or more failure mechanisms dominate the failure process. The numerical values for the constants  $A$ ,  $Ea_1$  and  $Ea_2$  are suitable figures.

In the individual parts of this standard the reference temperatures, where applicable, are given in the tables for the failure rates under reference conditions. In addition, the constants  $A$ ,  $Ea_1$  and  $Ea_2$  are stated in the tables for the  $\pi_T$  factors in the individual parts of the standard, where applicable.

#### 4.4 Stress profile, factor $\pi_W$

Components are often not continuously stressed during the operating time of the subassembly or equipment. There are breaks without electrical stress during operating periods. This can be taken into account for by the conversion factor  $\pi_W$ , related to the failure rate  $\lambda$  in Equation (1.1). The failure rate for intermittent operation is then obtained using the equation

## 5 Quality

The failure rates stated in the individual parts of this standard are based on a quality level that can be derived from the Siemens standard SN 72500 or comparable standards. Typical applications include control engineering, data processing and telecommunications.

## Zitierte Normen

## Normative references

DIN EN 61709	Bauelemente der Elektronik-Zuverlässigkeit – Referenzbedingungen für Ausfallraten und Beanspruchungsmodelle zur Umrechnung, 1999-01	IEC 61709	Electronic Components - Reliability Reference conditions for failure rates and stress models for conversion, 1996-10
DIN IEC 60050 (191)	Internationales Elektronisches Wörterbuch, Deutsche Ausgabe; Kapitel 191 - Zuverlässigkeit und Dienstgüte; 1995 Berichtigung 1: 1999 Berichtigung 2: 2002	IEC 60050 (191)	International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 191 - Dependability and Quality of Service, 1990 Amendment 1: 1999-03 Amendment 2: 2002-01
DIN IEC 60747-1	Halbleiterbauelemente; Einzel-Halbleiterbauelemente und Integrierte Schaltungen; Allgemeines; 1987-03	IEC 60747-1	Semiconductor devices; Discrete devices and integrated circuits; Part 1: General; 1983 Amendment 3 1996-09
SN 72500	Technische Lieferbedingungen für elektrische/elektronische Bauelemente und OEM Produkte	SN 72500	Technical Terms of delivery for Electrical/electronic Components and OEM Products