

DIN EN 60749-43



ICS 31.080.01

**Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 43: Leitfaden Pläne zur Zuverlässigkeitsqualifikation von
integrierten Schaltungen
(IEC 60749-43:2017);
Deutsche Fassung EN 60749-43:2017**

Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –
Part 43: Guidelines for IC reliability qualification plans
(IEC 60749-43:2017);
German version EN 60749-43:2017

Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 43: Lignes directrices concernant les plans de qualification de la fiabilité des CI
(IEC 60749-43:2017);
Version allemande EN 60749-43:2017

Gesamtumfang 40 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-07-20 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-05-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60749-43:2013-10.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ erarbeitet.

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

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

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf 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.

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.

Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 43: Leitfaden Pläne zur Zuverlässigkeitsqualifikation von integrierten
Schaltungen
(IEC 60749-43:2017)

Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –
Part 43: Guidelines for IC reliability qualification
plans
(IEC 60749-43:2017)

Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 43: Lignes directrices concernant les
plans de qualification de la fiabilité des CI
(IEC 60749-43:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-07-20 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60749-43:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 47/2389/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60749-43, erarbeitet vom IEC/TC 47 „Semiconductor devices“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60749-43:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-04-20
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-07-20

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60749-43:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-2-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-1.
IEC 60068-2-30	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-30.
IEC 60749-11	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60749-11.

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Produktkategorien und Anwendungsfälle	7
5 Ausfall	8
5.1 Ausfallverteilung	8
5.2 Frühausfälle	9
5.2.1 Beschreibung	9
5.2.2 Frühausfallrate	10
5.2.3 Sichtung (en: Screening)	14
5.3 Zufälliger Ausfall	16
5.3.1 Beschreibung	16
5.3.2 Mittlere Ausfallrate	17
5.4 Abnutzungsbedingter Ausfall	20
5.4.1 Beschreibung	20
5.4.2 Abnutzungsbedingte Ausfallrate	20
6 Zuverlässigkeitsprüfungen	23
6.1 Beschreibung der Zuverlässigkeitsprüfung	23
6.2 Zuverlässigkeitsprüfplan	24
6.2.1 Verfahren zum Erstellen eines Zuverlässigkeitsprüfplans	24
6.2.2 Schätzung der zum TDDB-Nachweis auf Grundlage der Anzahl der Prüfmuster erforderlichen Prüfdauer	26
6.2.3 Schätzung der zum TDDB-Nachweis auf Grundlage der Prüfdauer erforderlichen Anzahl an Mustern	27
6.3 Verfahren der Zuverlässigkeitsprüfung	28
6.4 Beschleunigungsmodelle für Zuverlässigkeitsprüfungen	31
6.4.1 Arrhenius-Modell	31
6.4.2 V-Modell:	32
6.4.3 Absolutes Wasserdampfdruck-Modell	32
6.4.4 Coffin-Manson-Modell	32
7 Belastungsprüfverfahren	32
8 Ergänzende Prüfungen	33
9 Tabellarische Zusammenfassung der Voraussetzungen	34
10 Zusammenfassung	36

	Seite
Literaturhinweise.....	37
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	38
Bilder	
Bild 1 – Badewannenkurve	9
Bild 2 – Ausfallverhalten von Losen bei der IC-Herstellung während der Frühausfallphase	10
Bild 3 – Prinzipielles Weibull-Diagramm für die Frühausfallrate.....	11
Bild 4 – Beispiel für ein Ausfallsverhältnis α (in Hunderten) und Anzahl der Ausfälle für ein CL von 60 %.....	13
Bild 5 – Sichten und geschätzte Frühausfallsrate im Weibull-Diagramm.....	15
Bild 6 – Badewannenkurve mit Festlegung des Nullpunktes unmittelbar nach der Fertigung	16
Bild 7 – Badewannenkurve mit Festlegung des Nullpunktes nach dem Sichten	16
Bild 8 – Prinzipielle Darstellung der Berechnungsmethode für die mittlere Ausfallrate anhand der Exponential-Verteilung	18
Bild 9 – Prinzipielle Darstellung der Berechnungsmethode für die mittlere Ausfallrate als eine Erweiterung der Frühausfälle	19
Bild 10 – Prinzipielle Darstellung der abnutzungsbedingten Ausfälle	21
Bild 11 – Prinzipielle Darstellung zur Beschreibung des Konzepts der beschleunigten Prüfung.....	21
Bild 12 – Konzept der Zuverlässigkeitsprüfung in einem Weibull-Diagramm (auf Grundlage des Stichprobenumfangs)	25
Bild 13 – Konzept der Zuverlässigkeitsprüfung in einem Weibull-Diagramm (auf Grundlage der Prüfdauer).....	28
Bild 14 – Unterschiede in Bezug auf Prüflosumfänge entsprechend dem m -Wert (Prinzip)	29
Tabellen	
Tabelle 1 – Beispiele für Produktkategorien	8
Tabelle 2 – Kumulative Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,1 % über 10 Jahre hinweg [$\times 10^{-6}$] für das 3., 5. und 7. Jahr.....	26
Tabelle 3 – Wesentliche Zuverlässigkeits-(Lebensdauer-)Prüfverfahren und -zwecke	30
Tabelle 4 – Beispiele für die Anzahl der Prüfmuster und die Prüfdauer in typischen Zuverlässigkeits- (Lebensdauer-) Prüfverfahren	31
Tabelle 5 – LTPD-Stichprobentabelle für Annahmezahl $A_c = 0$	33
Tabelle 6 – Wesentliche Zuverlässigkeits-(Festigkeits-)Prüfverfahren und -zwecke	33
Tabelle 7 – Ergänzende Prüfungen	34
Tabelle 8 – Beschleunigungsfaktoren, Berechnungsformeln und numerische Werte.....	35

Einleitung

Das vorliegende Dokument stellt Leitlinien für Hersteller von integrierten Halbleiterschaltungen (Halbleiter-IC) bei der Vorbereitung ausführlicher Prüfpläne zur Zuverlässigkeit für die Anerkennung von Bauelementen bereit. Solche Pläne sind vor Beginn von Qualifikationsprüfungen und nach Absprache mit dem Anwender des Halbleiter-IC-Produkts zu erstellen.

Der Leitfaden liefert einige Beispiele für die Erstellung von Prüfplänen zur Zuverlässigkeitsqualifikation, um entsprechende Bedingungen für die Zuverlässigkeitsprüfung zu bestimmen, die auf den in den Gebrauchsbedingungen jeder Anwendung integrierter Halbleiterschaltungen geforderten Qualitätsstandards basieren. Es werden Kategorien für Anwendungen im Automobilbau und für allgemeine Anwendungen als Zuverlässigkeitsziele eingeführt. Die Anspruchsklasse für die Automobilanwendung wird weiterhin in zwei Klassen entsprechend den Anwendungen unterteilt. In dem Leitfaden werden jährliche Betriebsstunden, die Lebensdauer usw. für jede Klasse angenommen und Verifizierungsverfahren für Frühausfallrate und abnutzungsbedingten Ausfall definiert, um entsprechende Zuverlässigkeitsprüfungen zu erstellen; gleichzeitig werden Konzepte für die fachgerechte Qualitätssicherung von integrierten Halbleiterschaltungen unter Anwendung von Sichtungstechniken, welche zur Senkung der Frühausfallrate ausgelegt sind, präsentiert.

Zu beachten ist, dass die in dem vorliegenden Leitfaden präsentierten Prüfbedingungen und die Werte der Beschleunigungsfaktoren angeführt sind, um Berechnungsbeispiele zur Ermittlung von Zuverlässigkeitsprüfbedingungen für die Verifizierung der geforderten Qualitätsstandards bereitzustellen, und nicht ausgelegt sind, um die Standards zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit von integrierten Halbleiterschaltungen zu definieren.

ANMERKUNG Qualifikationsprüfungen sind Prüfungen, in welchen der Halbleiterhersteller der durch seine Produktanwender geforderten Zuverlässigkeit Rechnung trägt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60749 enthält Leitlinien für Qualifikationspläne zur Zuverlässigkeit von integrierten Halbleiter-IC-Produkten. Das vorliegende Dokument ist nicht für Militär- und Raumfahrtanwendungen vorgesehen.

ANMERKUNG 1 Der Hersteller kann flexible Stichprobenumfänge verwenden, um Kosten zu senken und eine angemessene Zuverlässigkeit zu erhalten durch die vorliegende Leitlinienanpassung, basierend auf EDR-4708, AEC Q100, JESD47 oder einem anderen relevanten Dokument, das, wenn festgelegt, anwendbar sein kann.

ANMERKUNG 2 Die im vorliegenden Dokument angewandte Weibull-Verteilung ist eine von mehreren Methoden zur Berechnung des geeigneten Stichprobenumfangs und der geeigneten Prüfbedingungen eines bestimmten Zuverlässigkeitsprojekts.

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 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-6, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature*

IEC 60749-15, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 15: Resistance to soldering temperature for through-hole mounted devices*

IEC 60749-20, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 60749-21, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 60749-23, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 23: High temperature operating life*

IEC 60749-25, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 25: Temperature cycling*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 60749-28, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – Device level*

IEC 60749-29, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 29: Latch-up test*

IEC 60749-42, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 42: Temperature and humidity storage*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Ausfallart

Klassifizierung der Art eines Ausfallphänomens, das zum Produktausfall führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Unterbrechung, Kurzschluss, störende Dämpfung, mechanischer Abrieb, charakteristische Alterung usw. werden typischerweise als Ausfallsarten betrachtet.

3.2

Ausfallmechanismus

physikalischer, chemischer oder anderer Prozess, der zu einem Ausfall geführt hat

3.3

integrierte Schaltung

IC

Mikroschaltung, in der alle oder einige Schaltungselemente untrennbar zugeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind, so dass diese für Konstruktion und Geschäftsverkehr als Einheit betrachtet wird

4 Produktkategorien und Anwendungsfälle

Qualitätsanforderungen, Betriebsstunden und Betriebsbedingungen von integrierten Schaltungen, welche für den Feldeinsatz gefordert werden, hängen von den Anwendungsfällen ab, in denen die Erzeugnisse verwendet werden. Als ein Beispiel für das Erstellen wissenschaftlicher Prüfpläne werden ihre Anwendungsfälle ganz allgemein in drei Produktkategorien gruppiert: Automobilanwendung A, Automobilanwendung B und Endverbraucher-/Konsumenten-anwendung. In Tabelle 1 ist eine Aufstellung der Qualitätsanforderungen hinsichtlich jeder Produktkategorie und die Definition ihrer Anwendungsbedingungen angeführt.

Tabelle 1 – Beispiele für Produktkategorien

Kategorie	Automobilbauanwendung A	Automobilbauanwendung B	Endverbraucher-/Konsumenten-anwendung
Kriterien für Klasse	Anwendung im Automobilbau für direkten sicherheits-relevanten Einsatz (Ausfälle können Unfälle verursachen).	Anwendung im Automobilbau, der nicht direkt Sicherheitsbelange betrifft	Anwendungen außerhalb des Automobilbaus. Industrielle Anwendungen müssen gesondert behandelt werden.
Anwendungsbeispiele	Motor, Bremsen, Fahrassistenten-Systeme, Airbags	Navigationssysteme, Klimaanlage des Fahrzeugs, Audiosysteme	Hauselektronik, Spielzeug, Haushaltsgeräte
Jährliche Betriebsstunden	500 h (Fahrstunden) Ist abhängig davon, ob im Betrieb Zündung ein- oder ausgeschaltet ist	500 h (Fahrstunden)	Bis zu 8 760 h Ist abhängig von der Anwendung
Lebensdauer	15 Jahre (kumulative Ausfall-Wahrscheinlichkeit 0,1 %)	15 Jahre (kumulative Ausfall-Wahrscheinlichkeit 0,1 %)	Bis zu 10 Jahre (kumulative Ausfall-Wahrscheinlichkeit 0,1 %) Ist abhängig von der Anwendung
Angenommene Betriebsbedingungen (Beispiele für Bedingungen, die für die Anwendungen unterschiedlich sind)	Beispiel für Motorraum $T_{a,min} = -40\text{ °C} / T_{a,max} = 125\text{ °C}$ $T_{j,typ} = 100\text{ °C} / T_{a,max} = 150\text{ °C}$ min. relative Feuchte: 0 / max. relative Feuchte: 100 %, relative Feuchte (bei 10 % Fahrt) (bei 70 % Stopp) Beispiel für Innenraumbedingungen $T_a = -40\text{ °C (min.)} / 85\text{ °C (max.)}$ $T_j = 85\text{ °C (typ.)} / 125\text{ °C (max.)}$ relative Feuchte = 0 (min.)/100 % (max.), relative Feuchte (bei 10 % Fahrt) (bei 70 % Stopp)		$T_{a,min} = 0\text{ °C} / T_{a,max} = 70\text{ °C}$ $T_j = 70\text{ °C} / 105\text{ °C (max.)}$ relative Feuchte = 10 (min.) / 80 % (max.) relative Feuchte (bei 20 % eingeschaltet) (bei 60 % ausgeschaltet)
Frühausfallrate	1×10^{-6} oder weniger je Jahr	50×10^{-6} oder weniger je Jahr	Bis zu 500×10^{-6} je Jahr Ist abhängig von den Anwendungen
Zufallsausfallrate	10 FIT oder kleiner	50 FIT oder kleiner	> 50 FIT (typisch) Ist abhängig von den Anwendungen
ANMERKUNG Es handelt sich um Beispiele für Anwendungsbedingungen und -anforderungen; diese müssen nicht alle erfüllt werden, um für jeden Anwendungsfall relevant zu sein.			

5 Ausfall

5.1 Ausfallverteilung

Die Ausfallverteilung von integrierten Schaltungen kann prinzipiell in drei Bereiche gegliedert werden: Frühausfall-Bereich (z. B. $t_{ELF} = 1$ Jahr), Zufallsausfall-Bereich und abnutzungsbedingter Ausfall-Bereich. In Bild 1 ist die Beziehung zwischen der Feld-Anwendungsdauer und der momentanen Ausfallrate (Bade-wannenkurve) dargestellt. Die Ausfallverteilungen für jeden der Bereiche sind in 5.2 bis 5.4 beschrieben.

Die meisten Frühausfälle werden während des Fertigungsprozesses bei IC-Herstellern beobachtet. Da allerdings die integrierten Schaltungen nicht einer vollständigen Sichtung unterzogen werden, können Probleme in einer relativ kurzen Zeitspanne nach dem Betriebsbeginn im Feld auftreten.

Zufallsausfälle werden so betrachtet, als ob sie eine bestimmte Ausfallrate hinsichtlich der Dauer erreichen, wobei allerdings in Wirklichkeit eine Erweiterung des Frühausfallbereiches, wo die Ausfallrate kontinuierlich abnimmt, angenommen wird. Etwaige herbeigeführte Ausfälle, die außerhalb der Kontrollmöglichkeit des Herstellers liegen, wie z. B. ESD und EOS, sollten nur in den Berechnungen der Ausfallrate berücksichtigt werden, wenn eine Gesamtausfallrate vorgesehen ist, welche diese Ausfallsarten einschließt.

Ein abnutzungsbedingter Ausfall ist ein Ausfall, welcher während des Lebensdauerendes von IC-Komponenten, wie z. B. Transistoren oder Verdrahtungen, auftreten und somit die Lebensdauer der integrierten Schaltungen selbst angeben. Ein abnutzungsbedingter Ausfall ist ein Ausfall, der von dem Anwendungslastprofil (Zeitfenster können unterschiedlich sein) abhängig ist. Die Anzahl der Ausfälle nimmt mit der Zeit zu und jede IC wird nach Ablauf der zu erwartenden Lebensdauer des Bauelements schließlich einen Ausfall verursachen. Abnutzungsbedingte Ausfälle werden nicht auf die gleiche Weise berücksichtigt, da sie einen vollkommen anderen Mechanismus aufweisen und somit auch eine andere mathematische Beschreibung (Ausfallverteilung). Deshalb ist es wichtig, diese Ausfälle während der Nutzungsdauer zu vermeiden. Die zu erwartende Lebensdauer von integrierten Schaltungen wird im Allgemeinen als die Zeitdauer bis zum Erreichen der kumulativen Ausfallwahrscheinlichkeit von 0,1 % im Verlauf der zu erwartenden Lebensdauer des Bauelements in der jeweiligen Anwendung definiert.

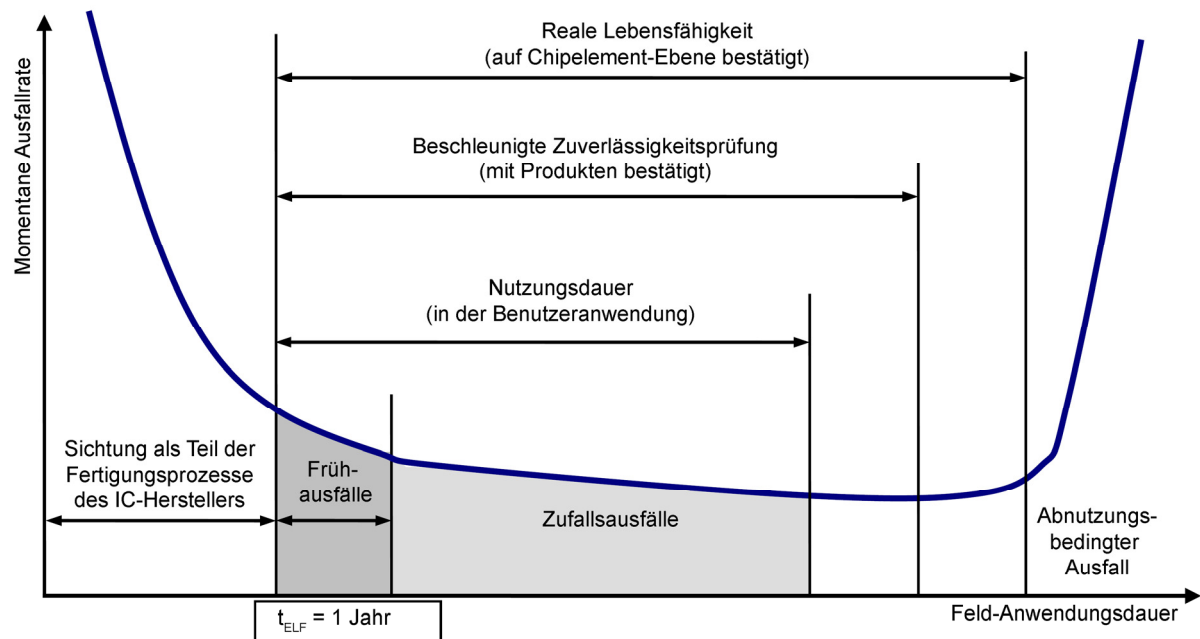


Bild 1 – Badewannenkurve

5.2 Frühausfälle

5.2.1 Beschreibung

Weil ICs sehr kleine Elemente enthalten und dicht und komplex sind, sind sie für Fehler, die im Fertigungsprozess entstehen, anfällig. Aus diesem Grund werden die guten Bauelemente, welche die geforderten Kennwerte und Funktionen erfüllen, in der letzten Fertigungsstufe aussortiert. Der Anteil der guten Bauelemente an der erzeugten und in diesem Prozess geprüften Gesamtzahl wird als Ausbeute (en: yield) bezeichnet. Im Zuge des Sortierens guter Bauelemente werden diese in Bezug auf möglichst viele Elemente, einschließlich der geforderten Kennwerte und Funktionen, gemessen. Jedoch können einige von diesen sortierten guten Bauelementen jene mit eingebauten latenten Mängeln oder Schwachstellen einschließen, die die elektri-

schen Kenngrößen nicht beeinflussen, weshalb die Bauelemente während des Sortiervorgangs korrekt arbeiten. Ist die Ausbeute hoch, ist es weniger wahrscheinlich, dass Bauelemente mit potenziellen Mängeln enthalten sind. Im Gegensatz dazu ist bei einer relativ niedrigen Ausbeute die Wahrscheinlichkeit hoch, dass ein Mix aus diesen Bauelementen mit latenten Mängeln und guten Bauelementen vorliegt. Bauelemente mit diesen potenziellen Mängeln können während der Verwendung irgendwann infolge der kürzeren Lebensdauer oder der Intensität der Benutzeranwendung ausfallen.

Eine geringe Anzahl geprüfter guter Bauelemente, die solche Mängel enthalten, sind im Herstellungslos enthalten und somit nimmt die Ausfallrate mit der Zeit ab. Das ist der Fall, weil die nicht fehlerhaften ICs, die wahrscheinlich keinen Ausfall verursachen, übrig bleiben, wenn die fehlerhaften ICs entfernt werden, nachdem sie einen Ausfall verursacht haben. In diesem Fall ist der Formparameter der Weibull-Verteilung m kleiner als 1 ($m < 1$).

Enthält ein Herstellungslos konkret, wie in Bild 2 gezeigt, gute Bauelemente mit einem potenziellen Fehler, können elektronische Erzeugnisse mit solchen Bauelementen einen Ausfall während der Anwendung verursachen und die fehlerhaften ICs werden durch die Anwendung der Sichtung, Reparatur (Bauteil-Ersatz) oder Anordnung entfernt. Somit bleiben zuverlässige ICs übrig.

ANMERKUNG Es ist deutlich besser, dass Bauelemente mit latenten oder anderen Fehlern beim IC-Hersteller aussortiert werden, als wenn sie den Anwender erreichen, wo eine Korrektur dann viel kostspieliger ist.

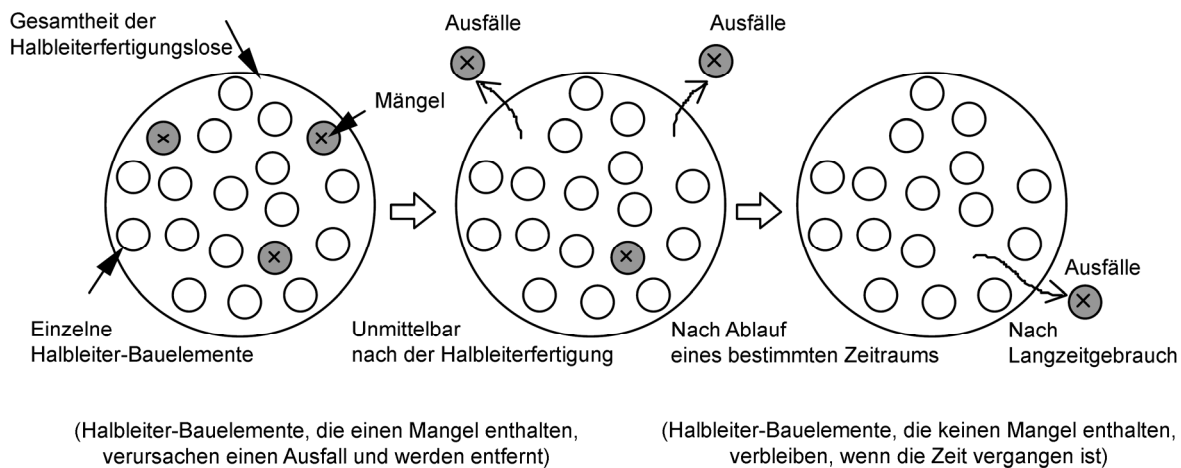


Bild 2 – Ausfallverhalten von Losen bei der IC-Herstellung während der Frühausfallphase

Aus diesem Grund ist die Reduzierung der im Fertigungsprozess erzeugten Fehler die Hauptmaßnahme gegen diese Ausfälle. Eine andere mögliche Maßnahme, falls durchführbar, ist die Änderung des Designs zu einem Aufbau, der weniger anfällig für solche Fehler ist.

Es gibt auch Sichtungstechniken wie das Burn-in, bei dem die ICs unter relativ schweren Temperatur- und/oder Spannungsbedingungen arbeiten, um so einen Ausfall im Voraus zu verursachen und ICs mit Mängeln über das Aussortieren zu entfernen. Das dient dazu, die Frühausfallphase der ICs vor dem Versand zu absolvieren und somit die Auswirkungen von Frühausfällen nach dem Versand zu reduzieren. Die Sichtung kann optimiert werden, wenn der Einfluss der oben angeführten Fehlerreduzierung bestätigt wurde.

5.2.2 Frühausfallrate

5.2.2.1 Definition der Frühausfallrate

Die Frühausfallrate kennzeichnet die Wahrscheinlichkeit der Abnahme von Ausfällen, welche aus Fertigungsfehlern resultieren und über eine Dauer von einem Jahr (als Frühausfallperiode definiert) auftreten, nach dem