



**TQU VERLAG**

**Die  
Parts Count  
Methode**

Testen und Anwenden

### Parts Count Method

Zuverlässigkeit frühzeitig abschätzen, Schwachstellen erkennen

[Autor: Dr. Konrad Reuter](#)

Das Abschätzen der Zuverlässigkeit elektrischer oder elektronischer Baugruppen ist ein wichtiger Schritt in der Entwicklung von Produkten und Systemen. Das Problem hierbei ist die immense Unsicherheit dieser Abschätzung. Selbst dann, wenn für einzelne Bauteile belastbare Zuverlässigkeitsdaten vorliegen, sind die Reaktionen auf deren Kombinationen und Einsatzbedingungen zu Beginn einer Entwicklung weitestgehend unbekannt. Die Folge sind sowohl Qualitätsprobleme im Einsatz wie auch Overengineering mit Kostenproblemen. Der Entwickler ist auf Schätzungen und Erfahrungen angewiesen. Hierfür braucht er eine umfangreiche Datenbasis und verlässliche, anerkannte Vorhersagemodelle. Mit dem MIL-HDBK-217 "Reliability Prediction of Electronic Equipment" wurde vor Jahrzehnten (1961) ein Werk vorgestellt, das schnell zum weltweiten Standard der Zuverlässigkeitslehre wurde. Das Handbuch enthält eine Vielzahl empirisch erhaltener Ausfallraten für elektrische/elektronische und mechanische Bauteile einschließlich einer Reihe von zu berücksichtigenden Einsatzbedingungen. Es wurde bis 1991 aktualisiert und ist demnach bezüglich der Bauteileausfallraten aktuell. Die herstellerspezifischen Listen ersetzen heute in speziellen Bereichen die Datensammlung aus dem ehemaligen Umfeld. Das MIL-HDBK-217 enthält zwei Methoden der Zuverlässigkeitsvorhersage, die "Parts Stress Methode" und die "Parts Count Methode". Die Parts Stress Methode erfordert eine Vielzahl von möglichst detaillierten Informationen über die eingesetzten Bauteile und deren Zeitverhalten unter bekannten Einsatzbedingungen. Diese Daten liegen zu Beginn einer Entwicklung selten vor. Deshalb ist die Parts Stress Methode eher in späteren Erprobungs- und Testphasen einsetzbar. Mit der Parts Count Methode PCM sind sehr schnell und sehr früh Vorhersagen möglich, die einen ersten datenbasierten Überblick bieten, aber natürlich mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Dem erfahrenen Entwickler bietet PCM trotzdem genügend Hinweise auf eventuelle Schwachstellen und ermöglicht ihm, gezielt Schwachstellen zu erkennen und Verbesserungsmöglichkeiten zu nutzen.

Die Parts Count Method PCM kann eingesetzt werden, wenn die in einem System einzusetzenden Bauteile ungefährlich sind, die Art und ihrer Anzahl bekannt sind, aber deren Verschaltung noch nicht endgültig feststeht. PCM zählt die Bauteile in je Teil, multipliziert dies mit den spezifischen Ausfallraten, berücksichtigt anwendungsspezifische Modifikationsfaktoren über Faktoren und addiert diese zur Gesamtausfallrate des Produktes oder des Systems. Das Zuverlässigkeitsmodell ist die Reihenschaltung, bereits der Ausfall eines Elementes verursacht den Gesamtausfall des Gerätes. Es ist also eine Worst-Case Annahme. Eine weitere Annahme ist, dass die eingesetzten Bauteile nur zufällige Ausfälle zeigen, also im Bereich ihres "Useful Life" eingesetzt werden. In diesem Bereich ist die Ausfallrate über lange Zeit konstant und hat unterschiedliche Ursachen.

Die Applikation aus der Gruppe Quality APPs liefert dem Entwickler die Möglichkeit, das in der Parts Count Methode und deren wichtigsten Ergebnisse verstanden und angewendet werden können. Dieses QUALITY APP liefert dem Entwickler oder dem Qualitätsmanagement wertvolle Unterstützung und Ideen bei Zuverlässigkeitsabschätzungen in einer frühen Entwicklungsphase. Die Applikation ist im Excel-Format und kann sofort eingesetzt werden. Eine Kopie des MIL-HDBK 217 in der Ausgabe 1991 können Sie unter [www.tqu-group.com/download.htm](http://www.tqu-group.com/download.htm) herunterladen.

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, [verlag@tqu-group.com](mailto:verlag@tqu-group.com), [www.tqu-verlag.com](http://www.tqu-verlag.com)

# QUALITY APPS Applikationen für das Qualitätsmanagement

## Parts Count Method

### Lizenzvereinbarung

Dieses Produkt "Parts Count Methode" wurde vom Autor Dr. Konrad Reuter mit großem Aufwand und großer Sorgfalt hergestellt.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt (©). Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Weitergabe, der Übersetzung, des Kopierens, der Entnahme von Teilen oder der Speicherung bleiben vorbehalten.

Bei Fehlern, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Nutzung dieses Softwareproduktes führen, leisten wir kostenlos Ersatz-Beschreibungen und Funktionen. Wir verstehen dies als Beschreibung von Nutzungsmöglichkeiten und nicht als rechtsverbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften. Wir übernehmen keine Gewähr dafür, dass die angebotenen Lösungen für bestimmte vom Kunden beabsichtigte Zwecke geeignet sind.

Sie erklären sich damit einverstanden, dieses Produkt nur für Ihre eigene Arbeit und für die Information innerhalb Ihres Unternehmens zu verwenden. Sollten Sie es in anderer Form, insbesondere in Schulungs- und Informationsmaßnahmen bei anderen Unternehmen (Beratung, Schulungseinrichtung etc.) verwenden wollen, setzen Sie sich unbedingt vorher mit uns wegen einer entsprechenden Vereinbarung in Verbindung. Unsere Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Bitte melden Sie sich, wenn Sie ein Update wünschen.

Das APP ist für Test- und Anwendungszwecke geeignet.

Die Mappe ist insgesamt geschützt. Der Schutz kann nicht aufgehoben werden. Die einzelnen Blätter der Mappe sind durch einfachen Excel-Schutz geschützt. Einzelne Blätter oder Zeilen wie Spalten können ausgeblendet sein. Werden vom Anwender die eingerichteten Schutzmaßnahmen aufgehoben oder Programmveränderungen vorgenommen, lehnen der Autor und der Verlag alle weiteren Verpflichtungen ab.

Alle Ergebnisse basieren auf den vom Autor eingesetzten Regeln und Berechnungen, sie müssen vom Anwender sorgfältig auf ihre Eignung geprüft werden. Die berechneten Ergebnisse sind als Vorschläge, Hinweise oder Anregungen zu verstehen.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg mit dieser Applikation

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

# Parts Count Method

Anwendungshinweise

Blatt

## 1. Statistik

### 1.1 Zuverlässigkeit von Systemen

Es ist wünschenswert, in einem frühen Stadium der Entwicklung elektronischer Baugruppen/Geräte eine Information über die zu erwartende Zuverlässigkeit zu erhalten.

Folgt das Zuverlässigkeitsersatzschaltbild dem Modell der Serienschaltung und kann von einer Exponentialverteilung der Komponenten ausgegangen werden, so ist die folgende Methode anwendbar.

### 1.2 Exponentialverteilung

Die Exponentialverteilung kann zur Beschreibung von Lebensdauern verwendet werden, wenn die Ausfallrate  $\lambda$  als konstant angenommen werden kann.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

mit  $R(t)$  der Ausfallwahrscheinlichkeit

Die Exponentialverteilung ist ein Spezialfall der Weibullverteilung mit  $b=1$ . Die Variable der Verteilung, wie in der üblichen technischen Weise in Stunden (h) angegeben. Aus der Beziehung für die Exponentialverteilung  $\lambda = 1/t$  folgt die Einheit  $1/t$ .

Da die Lebensdauern der Bauteile sehr hoch sein sollen, wird  $\lambda$  sehr klein. Deshalb werden die Werte in Tabellen entweder als Ausfall/ $10^6$  h oder Ausfall/ $10^9$  h angegeben.

Die letztere Einheit wird auch als FIT symbolisiert (*Failure in Time*).

## 2. Parts Count Method

### 2.1 Modellierung von Ausfallraten

Nach dem Multiplikationssatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung gilt für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens zweier unabhängiger Ereignisse

$$P_{\text{ges}} = P_1 \cdot P_2$$

$$R(t)_{\text{ges}} = e^{-t(\lambda_1 + \lambda_2)} \quad (2)$$

Die Formel (2) erfordert lediglich, die Summe der einzelnen Ausfallraten des Systems (Equipment) zu ermitteln.

Um Ausfallraten  $\lambda_i$  zu ermitteln, genügt es, das Produkt aus der Anzahl der geprüften Teile und der Testdauer zu ermitteln, die sog. "Bauelementestunden".

Als sehr praktisch für diese Prüfungen haben sich die sog. "Sequentialstichprobenpläne" erwiesen.

Um dem praxisingerechten Einsatz zu entsprechen, sind die dem Element zugeordneten "generischen" Ausfallraten  $\lambda_g$  mit einer Reihe von Faktoren zu multiplizieren.

$$\lambda_{EQIP} = \sum_{i=1}^n \lambda_g \cdot \pi_Q \cdot \pi_T \cdot \pi_U \cdot \pi_E$$

mit  $N$  als der Zahl der Typen und  $i$  als der Anzahl der Elemente/Typ

Der Faktor  $\pi_Q$  ist als Zusammenfassung von Einflüssen auf das Element  $i$  zu sehen, die z.B. durch die Qualität  $Q$ , die Umgebungstemperatur  $T$  und  $U$  die angewandte Spannung.

Im MIL-HDBK 217 sind eine Reihe weiterer Faktoren eingeführt.

Die Größe der Faktoren ist aus Tabellen ablesbar. Die Auswahlkriterien der Beanspruchung (z.B. Labor oder Feldeinsatz) sind dort ebenfalls aufgeführt.

Es wird natürlich vorausgesetzt, dass die Beanspruchungsbedingungen auf alle Elemente des Systems wirken.

### 2.2 Temperaturfaktor $\pi_T$

Der Temperaturfaktor beschreibt die auf die Elemente einwirkende Temperatur.

[Daten](#)

### 2.3 Qualitätsfaktor $\pi_Q$

Die Qualitätsfaktoren beschreiben die Herstellqualität der Elemente (Zulassungen, Prüfungen, Hersteller).

### 2.4 Spannungsfaktor $\pi_U$

Der Spannungsfaktor beschreibt Abweichungen von der Nennspannung für das Element.

### 2.5 Umgebungsfaktor $\pi_E$

Das MIL-HDBK-217F listet eine Reihe militärischer Anwendungsbedingungen auf, die für die zivile Nutzung nur begrenzt übertragbar sind (Laborumgebung, manuell tragbare Geräte, Fahrzeugmontage).

### 2.6 Berechnung von Ausfällen

Die Berechnung von Ausfällen geht von einer laufenden Produktion über mehrere Jahre aus.

[Ausfall](#)

Die Anzahl der inbetrieb genommenen Systeme/anno ist vorzugeben.

Die Nutzungszeit/anno ist vorzugeben, dabei wird die Nutzungszeit für das Produktionsjahr getrennt vorgegeben (hier mit der halben Zeit der laufenden Nutzung).

Die gewünschte Betriebsdauer in Jahren ist vorzugeben.

Für das Diagramm kann eine Zeitdauer eingegeben werden.

### 3. EXCEL

Die EXCEL-Lösung stützt sich auf folgende Prinzipien:

- Funktionelle Aufteilung auf verschiedene Blätter.
- Optische Hervorhebung von Zellen in Abhängigkeit von ihrer Funktion.
- Kommentierung wesentlicher Zellen

Verwendung von Namen für Variablen  
 Die Liste muss nach Änderungen manuell aktualisiert werden.  
 Klare Kommentierungen in Notwendigkeit.  
 Bezug auf Zellen mit Funktionen

Reagieren auf Bedingungen /Verzweigungen  
 Ausblenden von Zellinhalten, die nicht zutreffend sind, insbesondere bei Grafiken.

Ausblenden von Blättern, die nicht benötigt werden.  
 Blattschutz gegen versehentliches Überschreiben, um Nutzerstern anpassen.

Erleichterung von Testdaten zur Überprüfung der Funktion der Datei,  
 Protokoll bitte in geeigneten Umständen aktualisieren.

Jegliche funktionale Änderungen sollten vom Nutzer protokolliert werden.

Eingabe Daten
errechnete Werte
Bezeichnungen
<a href="#">Anmerkungen</a>
<a href="#">Bezeichnungen</a>
VERGLEICH(;;0)
INCORREKT()
ISTLEER()
ISTZAHL()

### 4. Quellen

MIL-HDBK-217 F 1991 Reliability Prediction of Electronic Equipment

- DIN EN 61709 2012-01: "Bauelemente der Elektronik; Zuverlässigkeit Referenzbedingungen für Ausfallraten und Beanspruchungsmodelle zur Umrechnung"
- Quality APP "Weibullverteilung", TQU Verlag
- Quality APP "TQU\_Sequentialtest2", TQU Verlag

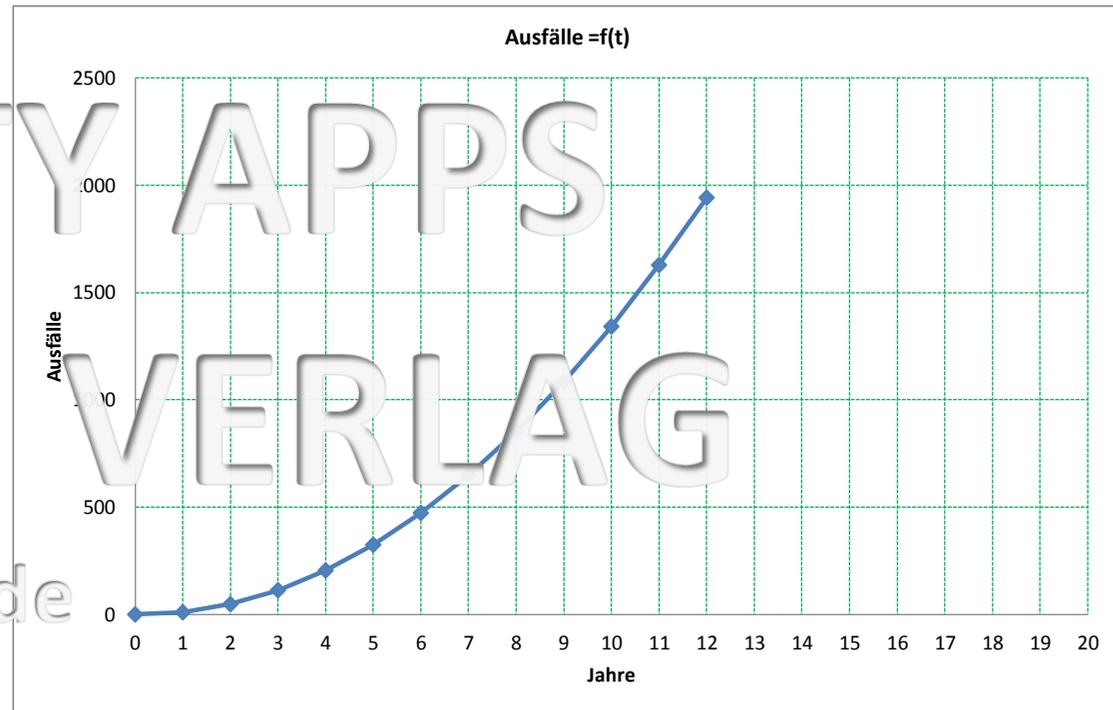
TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

# Parts Count Method

Nr.	Bauteile Typ	Bauart	Menge	Ausfallrate pro 10 <sup>9</sup> Stunden	Spannungsfaktor	Qualitätsfaktor	Temperaturfaktor	Umgebungs-faktor	Ausfallrate pro 10 <sup>9</sup> Stunden	Anteil
n			N <sub>i</sub>	λ <sub>i</sub>	π <sub>U</sub>	π <sub>Q</sub>	π <sub>T</sub>	π <sub>E</sub>	λ <sub>i</sub> * N <sub>i</sub> * π <sub>U</sub> * π <sub>Q</sub> * π <sub>T</sub> * π <sub>E</sub>	%
1	Widerstand	Kohleschicht	2	0,30	1,00	1,0	1,4		0,84	0,61%
2	Widerstand	Metallschicht	5	0,20	1,00	1,0	1,4		1,40	1,01%
3	Sicherung	Schmelzsicherung	1	25,00	1,00	1,0	1,4		35,00	25,31%
4	Thermistor	NTC Heißeleiter	1	3,00	1,00	1,0	1,0		3,00	2,17%
5	Transistor	PNP TO92	1	3,00	1,10	1,0	1,8		5,94	4,30%
6	Diode	Gleichrichterdioden	12	2,00	1,00	1,0	1,2		28,80	20,83%
7	Diode	Schaltky	2	1,00	1,00	1,0	1,8		3,60	2,60%
8	Kondensator	Elektrolyt	1	1,00	0,87	1,00	1,2		2,14	1,55%
9	Kondensator	Polystyrolenephthalat MKT	1	0,00	2,00	2,0	5,2		14,56	10,53%
10	Lötstellen	maschinell	26	0,03	1,00	1,0	1,3		1,01	0,73%
11	Stecker	ohne Last	6	1,50	1,00	1,0	1,0		9,00	6,51%
12	IC	Operationsverstärker	1	3,00	1,00	1,0	1,8		5,40	3,90%
13	Spule	Magnetventil	1	3,00	1,00	1,0	1,2		3,60	2,60%
14	Schalter	Schwachstromastu	2	2,00	2,00	1,0	3,0		24,00	17,35%
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
14	Anzahl Typen	Anzahl Elemente	62		Ausfallrate System			λ <sub>ges</sub>	<b>138,3</b>	<b>FIT</b>
					mittlere Lebensdauer System			T	<b>7,23E+06</b>	<b>h</b>

## Parts Count Method

Inbetriebnahme Menge /anno	N	100.000
Betriebsstunden / anno	h/a	700
Herstellkosten /anno	k/a	10.000
Betriebsstunden /anno	h/a	700
Folgekosten /anno	k/a	10.000
Angenommene Lebensdauer	a	4
Bauelementestunden nach 4 Jahren	N·h	1,48E+09
Anzahl Ausfälle nach 4 Jahren	r	205
Zeitachse Diagramm	t	12
10% ige Lebensdauer	a <sub>10%</sub>	832



www.tqu-verlag.de

Menge	Ausfallrate pro 10 <sup>9</sup> Stunden	Spannungsfaktor	Qualitätsfaktor	Temperaturfaktor	Umgebungsfaktor	Soll	Ist	Test
$N_i$	$\lambda_i$	$\pi_U$	$\pi_Q$	$\pi_T$	$\pi_E$	$\lambda_i * N_i * \pi_U * \pi_Q * \pi_T * \pi_E$		Vergleich
2	0,3	1,00	1,0	4		0,84	0,84	0
5	0,2	1,00	1,0	4		0,4	0,4	0
1	5,0	1,00	1,0	4		20	35	0
1	3,00	1,00	1,0	0		3	3	0
1	1,00	1,10	1,0	1,8		5,94	5,94	0
12	2,00	1,00	1,0	1,2		28,8	28,8	0
2	1,00	1,00	1,0	1,8		3,6	3,6	0
1	1,00	0,87	2,0	1,2		2,1402	2,1402	0
1	0,70	1,00	1,0	5		14,56	14,56	0
26	1,00	1,00	1,0	1		1014	1014	0
6	50	1,00	1,0	1		9	9	0
1	100	1,00	1,0	1		54	54	0
1	3,00	1,00	1,0	1,2		3,6	3,6	0
2	2,00	2,00	1,0	3,0		24	24	0
							Summe	0
								i.O.

Die Testdaten dürfen nicht ohne schriftliche Erlaubnis des Verlags weiterverbreiten.  
[www.tqu-verlag.de](http://www.tqu-verlag.de)

Datum	Tester	Ergebnis
14.03.13	Reuter	i.O.