

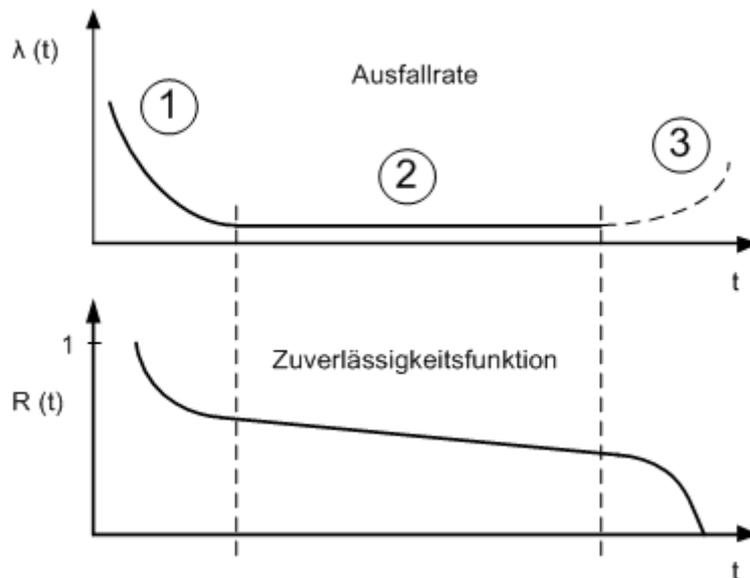
**Thema:**

- Wie werden die Zuverlässigkeitswerte von maxon Steuerungen berechnet?
- Wo findet sich die Angabe des MTBF Werts von maxon Steuerungen?

**Lösung:**

**Ausfallrate (FIT oder λ-Werte)**

Jedes Bauteil hat eine Lebensdauerkurve in Form einer Badewanne, auch Weibullverteilung genannt. In der ersten Phase befindet sich die Frühausfälle verursacht durch Materialschwächen, Qualitätsschwankungen in der Fertigung, Bedienfehler und unechte, nicht bestätigte Ausfälle. In der zweiten Phase sind die zulässigen Ausfälle definiert, die in der Regel zeitlich konstant verlaufen. In dieser zweiten Phase werden die massgebenden Ausfallraten für elektronische Bauteile berechnet und bestimmt. Die Phase 3, Verschleissphase, tritt bei elektronischen Komponenten kaum in Erscheinung.



$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Durch die Annahme, dass die Ausfallrate λ annäherungsweise konstant ist kann die Gleichung wie folgt vereinfacht werden:

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

**MTBF (= Mean Time Between Failure):**

Der MTBF-Wert (= Mean Time Between Failure) ist definiert als die Zeit zwischen zwei Fehlern einer Baugruppe oder Einheit. Die Werten liegen in der Regel zwischen 300'000 und 1'200'000 Stunden. Die Ausfallraten werden anhand von Lebensdauerversuchen und Felderfahrungen bestimmt. Der MTBF ergibt sich aus dem reziproken FIT oder  $\lambda$ -Werten. Durch Summieren der MTBF's einzelner Komponenten oder Teilsysteme erhält man den MTBF des ganzen Systems. Grossen Einfluss haben hierbei die Umgebungsbedingungen, wie Temperaturunterschiede, Vibrationen etc. Deshalb werden die MTBF-Werten vorzugsweise mit einem Handbuch bestimmt, welches diese für die Berechnung miteinbezieht.

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad [h]$$

$$\frac{1}{MTBF_{Gesamtsystem}} = \frac{1}{MTBF_{Bauteil1}} + \frac{1}{MTBF_{Bauteil3}} + \frac{1}{MTBF_{Bauteil2}} + \lambda_{Bauteil4} + \dots \left[ \frac{1}{h} \right]$$

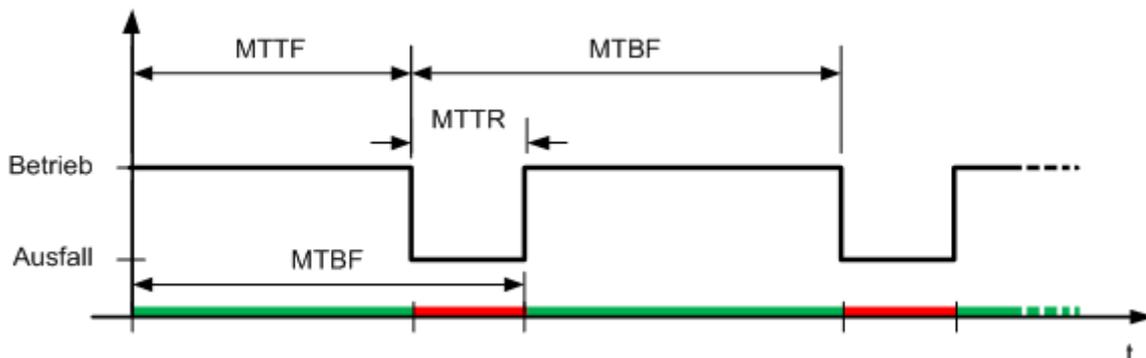
**MTTF (= Mean Time To Failure):**

Die Bezeichnung MTTF (= Mean Time To Failure) unterscheidet sich nur gering vom MTBF. Der Ausdruck kommt bei nichtreparierbaren Systemen zum Einsatz. Die Baugruppe geht gleich in den Recyclingprozess.

**MTTR (= Mean Time To Repair):**

MMTR ist die mittlere Dauer einer Reparatur (= Mean Time to Repair). Dazu gehört normalerweise noch neben der Reparaturzeit auch die Fehlersuche.

**MTBF, MTTF, MTTR: Übersicht**



maxon motor control		
maxon motor ag Brünigstrasse 220 CH – 6072 Sachseln <a href="http://www.maxonmotor.com">www.maxonmotor.com</a>	<b>Zuverlässigkeitsanalyse,  Fehlerrate, MTBF</b>	Version: 1.00 (Dt.) Autor : WJ Datum : 2019-02-15

**MTBF-Bestimmung mit Handbüchern:**

Um realistische Aussagen zu erhalten, die den späteren Werten im praktischen Einsatz möglichst nahe kommen, werden die berechneten MTBF-Werte Handbüchern bestimmt. Die Basis hierfür sind internationale Standards wie zum Beispiel:

- IEC 62380
- MIL-HDBK-217F
- Siemens SN 29500..

Anhand der Stücklisten wird bei jedem einzelnen Bauelement der MTBF-Wert berechnet. Dabei fließen in die Berechnung äußere Bedingungen wie z.B. Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit oder Beanspruchung mit ein.

**Berechnung der Werte von maxon Steuerungen:**

Hersteller von elektronischen Bauteilen ermitteln den effektiven FIT-Wert mit sogenannten beschleunigten Tests nach dem Gesetz von Arrhenius. Diese FIT-Werte werden für die Bestimmung des MTBF von mmc-Produkten priorisiert, da sie gegenüber den allgemeinen Handbuchwerten eine genauere Berechnung zulassen. Aktive Komponenten haben den überwiegenden Einfluss auf den resultierenden MTBF Wert des Produktes, weshalb hier mit diesen effektiven FIT-Werten gearbeitet wird. Für die restlichen passiven Elemente wird das Handbuch MIL-HDBK-217F zur Hand genommen. Schlussendlich entspricht der spezifizierte MTBF-Gesamtwert damit sehr genau der Realität.

**MTBF-Angabe in maxon Handbüchern**

Der MTBF Wert ist in dem Kapitel "Specifications / Standards" der "Hardware Reference" (bzw. Geräte-Referenz) der jeweiligen Steuerung spezifiziert.

Beispiel:

Auszug aus dem Kapitel "2.5 Standards" des Handbuchs "EPOS4 Module-Compact 24-1\_5 Hardware Reference.pdf":

<b>Reliability</b>	MIL-HDBK-217F	Reliability prediction of electronic equipment Environment: Ground, benign (GB) Ambient temperature: 298 K (25 °C) Component stress: In accordance with circuit diagram and nominal power Mean Time Between Failures (MTBF) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Module: 611'610 hours</li> <li>• Compact CAN: 326'977 hours</li> <li>• Compact EtherCAT: 279'388 hours</li> </ul>
--------------------	---------------	--

**Zusammenfassung:**

Die Werte der Analysen müssen als rein statistische Grössen betrachtet werden. Dem Entwickler bieten diese Werte die Möglichkeit die Ausfallraten eines komplexen Gesamtsystems zu eruieren, um gegebenenfalls andere Komponenten auszuwählen oder ein Redesign durchzuführen. Der MTBF-Wert ist nicht mit der minimalen Lebensdauer des Systems zu verwechseln.

**Einheiten der wichtigsten Kenngrössen:**

F	Lebensdauer	[h]
$\lambda$ or FIT	Ausfallrate (Failure per Time)	[1/h]
f	Ausfallwahrscheinlichkeitsdichte	[%/h]
R	Überlebenswahrscheinlichkeit	[%]
MTBF	Mean Time Between Failure	[h]
MTTF	Mean Time To Failure	[h]
MTTR	Mean Time To Repair	[h]

Quelle:

Gottschalk, Armin: Qualitäts- und Zuverlässigkeitssicherung elektronischer Bauelemente und Systeme, ISBN, 978-3-8169-2680-1