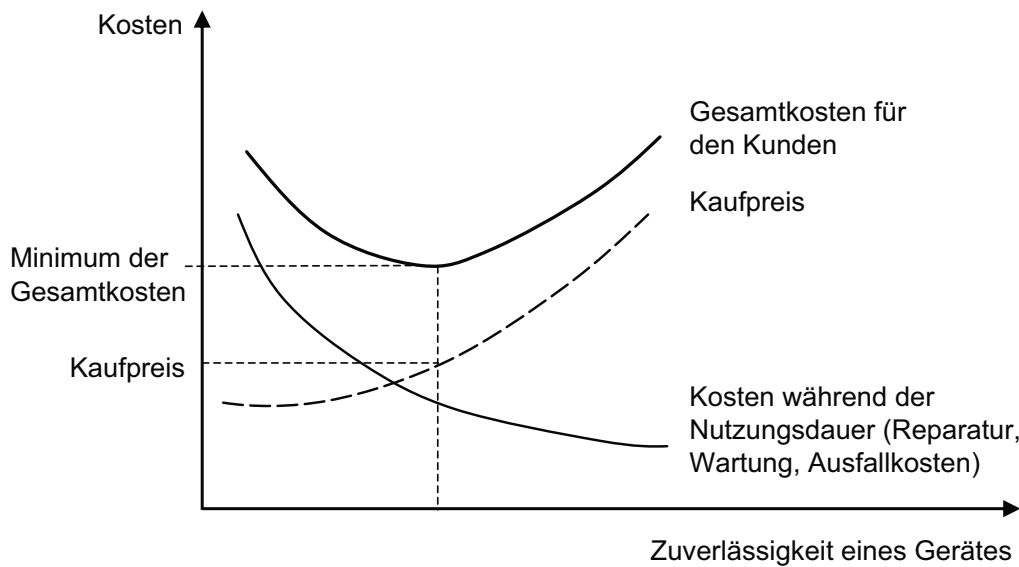


Die Problematik der Zuverlässigkeit eines zu entwickelnden Gerätes ist eine von beruflichen Neueinsteigern oft unterschätzte Hürde. So kommt es vor, dass Zuverlässigkeitskenngrößen nicht bekannt sind, womit der Entwicklungsingenieur diese oft maximiert, um „auf der sicheren Seite“ zu sein. Die sich daraus ergebenden Kosten erfordern dann jedoch regelmäßig ein Umdenken. Andererseits führen vorgegebene Zuverlässigkeitsangaben eines Gerätes zu der Frage nach den sich ergebenden Konsequenzen für die Zuverlässigkeit der Einzelkomponenten.

Dieses Kapitel führt zuerst in die Berechnungsgrundlagen ein und stellt die wichtigsten Zuverlässigkeitskenngrößen dar, mit denen ein Entwicklungsingenieur heute konfrontiert ist (Abschn. 4.1 und 4.2). Für das Zuverlässigkeitsverhalten von elektronischen Geräten gilt die sog. „Badewannenkurve“ der Ausfallrate. Bei der praktischen Nutzung eines Gerätes ist der Mittelteil dieser Kurve relevant, der sich durch eine konstante Ausfallrate auszeichnet. Wie Abschn. 4.3 zeigt, sind in diesem mit dem Begriff „Exponentialverteilung“ bezeichneten Bereich die Zuverlässigkeitskenngrößen für elektronische Geräte einfach berechenbar. Das Ausfallverhalten von elektronischen Bauelementen wird in Abschn. 4.4 beschrieben. Unter dessen Kenntnis und der Annahme einer Exponentialverteilung ist es nun möglich, anhand einer vorgegebenen Gerätezuverlässigkeit die erforderlichen Zuverlässigkeitswerte der einzelnen Bauelemente bzw. Baugruppen zu ermitteln (Abschn. 4.5 und 4.6). Auch lässt sich umgekehrt die aus den Einzelkomponenten resultierende Gerätezuverlässigkeit ableiten.

Zusammenfassende Empfehlungen zur Zuverlässigkeitserhöhung bei elektronischen Geräten gibt Abschn. 4.7.



**Abb. 4.1** Prinzipieller Zusammenhang zwischen Kosten und Zuverlässigkeit bei Geräten

## 4.1 Einleitung

Die Qualität eines Gerätes ist u. a. durch dessen Funktion und Zuverlässigkeit gekennzeichnet. Dabei wird erwartet, dass die Geräte bestimmte Funktionen von festgelegten Parametern innerhalb von definierten Grenzen realisieren. *Zuverlässigkeit* ist die Erfüllung dieser Funktionen über einen bestimmten Zeitraum. Die Grenzen der Parameter resultieren dabei aus den vorbestimmten Betriebsarten und Bedingungen der Nutzung, der Instandhaltung, der Lagerung und des Transports.

Insbesondere für elektronische Geräte in industriellen Fertigungs- und Rechenanlagen wird eine hohe Zuverlässigkeit gefordert. Ein Geräteausfall hat hier in der Regel einen Produktionsausfall oder -ausschuss zur Folge. Die damit verbundenen Kosten können erheblich höher sein als die Anschaffungskosten des gestörten Gerätes.

Wie noch gezeigt wird, steigt mit der Zuverlässigkeit der Geräte auch deren *Preis*. Andererseits nehmen beim Kunden mit steigender Zuverlässigkeit die zusätzlichen Kosten für Wartung und Reparatur während der Nutzungsdauer ab. Untersucht man die Abhängigkeit der Gesamtkosten von der Gerätezuverlässigkeit, so ergibt sich für den Kunden ein *Kostenoptimum* nach Abb. 4.1.

Sinkt die Zuverlässigkeit, so übersteigen die *Wartungskosten* die Kundenerwartung oder die geplanten *Gewähr-* bzw. *Garantiekosten* des Herstellers. Außerdem wird das Unternehmen seinen guten Ruf und damit Marktanteile verlieren, wenn die Zuverlässigkeit seiner Produkte gegenüber denen der Wettbewerber geringer ist. Liegt die Zuverlässigkeit eines Produktes über den Markterwartungen, ohne sonstige technische Fortschritte zu bieten, wird es unter Umständen so teuer, dass es nicht mehr gewinnbringend abzusetzen ist.

Damit ist vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit eine hohe Zuverlässigkeit grundsätzlich nicht zweckmäßig, sondern der Entwicklungsingenieur sollte die durch das

Kostenminimum definierte optimale Zuverlässigkeit anstreben. Allerdings gibt es hier auch Ausnahmen. So ist bei Geräten der Raumfahrttechnik selbstverständlich die maximal erreichbare Zuverlässigkeit anzustreben, da Wartung und Reparatur nach der Inbetriebnahme kaum möglich sind. Ähnliches gilt für bestimmte Geräte in der Medizintechnik. Auch verbietet sich eine Kostenoptimierung bei möglichen Gesundheits- und Umweltgefahren.

*Zuverlässigkeitsangaben weisen prinzipiell in die Zukunft.* Da die Kennwerte der Zuverlässigkeit stochastischer (zufälliger) Art sind, ist eine fehlerfreie Arbeitsweise nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit vorherzuberechnen. Dennoch muss jeder Entwicklungsingenieur wissentlich festlegen, welche Zuverlässigkeit für das zu schaffende Gerät anzustreben ist.

Die Anforderungen an elektronische Geräte hinsichtlich Funktionsumfang, Genauigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit usw. steigen ständig. Durch die wachsende Komplexität besteht die Gefahr, dass die Geräte störanfälliger werden. Damit liegt ein Zielkonflikt vor. Um trotzdem hohe Zuverlässigkeit zu erreichen, muss ein *Zuverlässigkeitsbewusstsein* entwickelt werden, das den gesamten Werdegang der Geräte beeinflusst. Zuverlässigkeit muss in die Geräte „hineingebaut“ werden, ausgehend von der Schaltungsentwicklung über die Bauelementauswahl und -dimensionierung, die Konstruktion bis hin zur Fertigung und Kontrolle.

Mit der Entwicklung und der Überführung in die Fertigung endet jedoch nicht die Verantwortung des Ingenieurs hinsichtlich der Zuverlässigkeit. Das entwickelte Gerät wird auch „im Feld“ noch einer Produktkontrolle unterzogen, schließlich ist der Hersteller zur Gewährleistung verpflichtet und steht seinen Kunden gegenüber für die Qualität ein. Ausfälle, die sich nicht als Zufallsausfälle ergeben, müssen dabei konsequent analysiert werden. Insbesondere hier ist der Entwicklungsingenieur verpflichtet, noch Jahre nach der eigentlichen Entwicklung Rechenschaft über benutzte Zuverlässigkeitswerte bzw. -berechnungen zu geben.

---