

Zuverlässigkeits- und Sicherheitsplanung

25.1	Das Langzeitbetriebsverhalten	578
25.2	Erwartungen und Anforderungen	579
25.2.1	Wirtschaftliche und rechtliche Hintergründe	579
25.2.2	Risikobasierter Ansatz	580
25.3	Einflussfaktoren (Übersicht)	581
25.4	Zuverlässigkeit der Komponenten	582
25.4.1	Beanspruchung und Belastbarkeit	582
25.4.2	Lebensdauermodell	583
25.4.3	Lebensdauerstatistik und Lebensdauerprüfungen	585
25.4.4	Empirische Zuverlässigkeit	585
25.4.5	Schätzung der Ausfallrate bei exponentiell verteilten Ausfallzeiten	585
25.4.6	Praktische Grenzen	586
25.4.7	Generische Daten und Ausfallratenmodelle	587
25.4.8	Bayes'sches Verfahren	587
25.4.9	Spezielle Beanspruchungen	587
25.5	Systemarchitektur und Redundanz	588
25.5.1	Seriestrukturen	588
25.5.2	Redundanz	589
25.5.3	Schutz- und Überwachungseinrichtungen	591
25.5.4	Ausfallerkennung und Funktionstests	592
25.5.5	Diagnosefunktionen	593
25.5.6	Berechnung redundanter Strukturen	593
25.6	Betrieb und Instandhaltung	595
25.6.1	Störungsmanagement und Instandsetzung	595
25.6.2	Präventive Wartung	595
25.6.3	Ersatzteillagerhaltung	596
25.6.4	Ergonomie und menschliche Faktoren	596
25.7	Zuverlässigkeitssicherung	597
25.7.1	Planungsprozess	597
25.7.2	Bewertung und Nachweis der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit	597

25.8	Verfahren und Werkzeuge der Zuverlässigkeits- und Sicherheitsplanung	599
25.8.1	Systemanalysen, Modelle und Berechnungsmethoden	599
25.8.2	Zuverlässigkeitsanalysen	600
25.8.3	Instandhaltbarkeits- und Instandhaltungsanalysen	602
25.8.4	Rekonfigurationsanalyse	603
25.8.5	Analyse der menschlichen Einflussfaktoren und Zuverlässigkeit	603
25.8.6	Risiko-, Gefahren- und Operabilitätsanalyse	603
25.8.7	Lebenszykluskostenanalyse	604

25

Zuverlässigkeits- und Sicherheitsplanung

Peter Zinniker

Dieses Kapitel behandelt das Verhalten von Produkten und technischen Systemen im Betrieb über deren gesamte Nutzungsdauer. Dieses sogenannte Langzeitbetriebsverhalten wird durch die Begriffe *Zuverlässigkeit*, *Verfügbarkeit*, *Instandhaltbarkeit* und *Sicherheit* beschrieben und spezifiziert (engl.: *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, *Safety*, abgekürzt *RAMS*). Wir betrachten die entsprechenden Kenngrößen, z. B. die Ausfallrate oder MTBF (*mean time between failures*), als Qualitätsmerkmale (siehe Kapitel 17, „Qualität und Markt“). Es geht einerseits um die Interpretation der Betriebserfahrung und andererseits um die Abschätzung der *zukünftigen* Veränderungen von Eigenschaften. Mit dieser Voraussage soll ein angestrebtes Langzeitbetriebsverhalten geplant werden können. Der Faktor „Zufall“ spielt dabei mit. Die Zuverlässigkeits- und Sicherheitsplanung erfolgt anhand von *probabilistischen Modellen* und *statistischen Daten*. Die Zuverlässigkeitstheorie gründet denn auch auf der Wahrscheinlichkeitstheorie und der Lebensdauerstatistik. Diese mathematischen Grundlagen werden hier nicht behandelt. Wir beschränken uns auf die wichtigsten Zuverlässigkeitsmodelle, die das Langzeitbetriebsverhalten unterschiedlicher Komponenten und Systeme beschreiben. Die Anwendung sehen wir anhand von einigen typischen Fragestellungen: Redundanzkonzept, Rückfallebenen, Schutz- und Überwachungsfunktionen, Störungsmanagement, Instandhaltungsfragen sowie Ersatzteillagerhaltung.

Neben der Theorie interessiert die Frage, wie die Zuverlässigkeit, die Verfügbarkeit und die Sicherheit eines Systems in der Praxis planbar sind. Der angemessene Planungsprozess richtet sich nach den Anforderungen sowie der Art und Komplexität des Systems. Die Aufgabe beginnt also mit dem Festlegen der Zuverlässigkeits- und Sicherheitsziele auf der Grundlage von Risiko- und Kostenanalysen. Die Umsetzung erfolgt über den gesamten Lebenszyklus, wobei spezialisierte Systemanalysen in allen Engineeringphasen von zentraler Bedeutung sind. Aus den Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen ergeben sich auch Anforderungen an den Realisierungsprozess, beispielsweise in Form von ergänzenden Kriterien und Nachweismethoden für die Entwurfsüberprüfung (im Rahmen der Qualitätssicherung). Maßnahmen zur Zuverlässigkeitssicherung erstrecken sich auch – insbesondere für sicherheitsrelevante Produkte und Systeme – auf die Betriebs- und Instandhaltungsprozesse, bei denen u. a. auch menschliche Einflüsse eine Rolle spielen.

In diesem Kapitel werden die Grundzüge der in der Zuverlässigkeitstechnik verwendeten Modelle sowie die Analyse- und Berechnungsmethoden vorgestellt. Die erläuterten Rechenverfahren sind bewusst eingängig und eignen sich für approximative Berechnungen der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit technischer Komponenten und Systeme mithilfe einfacher Mittel wie Taschenrechner oder Tabellenkalkulationen. Ich bin der Ansicht, dass diese vereinfachten Berechnungen für die meisten, nicht allzu komplexen Systeme zweckmäßig sind und ausreichend genaue Resultate ergeben, und dass einfache „Handmethoden“ in manchen Fällen übersichtlicher und besser nachvollziehbar sind als umfangreiche Modelle mit spezialisierten Computerprogrammen. Weiterführende Verfahren sind, mit dem Verweis auf entsprechende Literatur, kurz beschrieben.