Quelle: J. Lienig, H. Brümmer, Elektronische Gerätetechnik — Grundlagen des Entwickelns elektronischer Baugruppen und Geräte Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 978-3-642-40961-5, 2014.

4.2 Berechnungsgrundlagen

4.2.1 Begriffe der Wahrscheinlichkeit

Die Wahrscheinlichkeit spielt in der Theorie der Zuverlässigkeit eine wichtige Rolle. An dieser Stelle soll für den Praktiker eine anschauliche Erklärung dieses Begriffes am Beispiel des Würfelns gegeben werden.

Man unterscheidet sichere, unmögliche und zufällige Ereignisse. Ein *sicheres Ereignis E* liegt vor, wenn es unter bestimmten Bedingungen immer eintritt. Kann es nie eintreten, ist es ein *unmögliches Ereignis.* Bei einem *zufälligen Ereignis* besteht die Möglichkeit des Auftretens oder des Nichtauftretens.

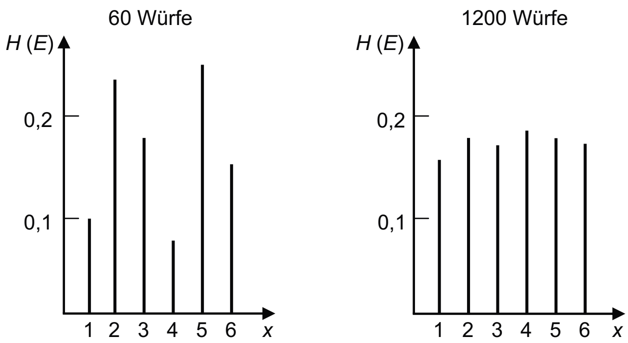

Abb. 4.2 Relative Häufigkeit $H(E)$ der einzelnen Zahlen beim Würfeln bei unterschiedlicher Versuchsanzahl

Beispielsweise sei bei 100 Würfen mit einem Würfel das zufällige Ereignis E „4 liegt oben" 15-mal aufgetreten. Mit dem Bruch $15/100 = 0{,}15$ lässt sich die *relative Häufigkeit* $H(E)$ der Ereignisse E in der betreffenden Wurfserie angegeben:

$$H(E) = \frac{m}{n}. \tag{4.1}$$

Der Parameter m ist die Anzahl des Auftretens von E bei n Versuchen.

Berechnet man bei einer größeren Serie von Versuchen die relative Häufigkeit eines Ereignisses E, zeigt sich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit. Die ermittelten relativen Häufigkeiten für die Zahlen 1 bis 6 eines Würfels schwanken um einen festen Wert, der sich (bei einem „idealen Würfel") leicht mit 1/6 ermitteln lässt. Die Abweichungen von diesem Wert werden bei einer wachsenden Anzahl von Würfen immer kleiner (Abb. 4.2).

Dieser Wert wird als *Wahrscheinlichkeit* für das Eintreffen des Ereignisses E, das heißt für das Würfeln der bestimmten Zahl, bezeichnet. Verallgemeinert gilt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses das Verhältnis der bestimmten (günstigen) Ergebnisse zur Gesamtmenge der Ergebnisse ist. Ihr Wertebereich liegt zwischen 0 (Ereignis tritt nie ein) und 1 (Ereignis tritt garantiert ein), wobei auch prozentuale Angaben zwischen 0 und 100 % üblich sind.

Von Wahrscheinlichkeit kann man erst dann sprechen, wenn wiederholte Beobachtungen am gleichen Objekt und unter gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt wurden. Bei einer ausreichend großen Anzahl n von Versuchen, bei denen das Ereignis E m-mal eingetreten ist, kann die relative Häufigkeit m/n als Zahlenwert für die Wahrscheinlichkeit $P(E)$ gewählt werden.

Wahrscheinlichkeiten sind nicht nur (nachträglich) experimentell bestimmbar, sondern können auch theoretisch vorhergesagt werden. Eine vorab bestimmte, theoretisch ermittelte Wahrscheinlichkeit des Eintreffens von E bezeichnet man als *Eintrittswahrscheinlichkeit*. Diese ist abhängig von der Anzahl der Versuche; es ist zwischen der Wahrscheinlichkeit für einen Einzelfall und der Gesamtwahrscheinlichkeit zu unterscheiden. Die Eintrittswahrscheinlichkeit, dass beispielsweise die Zahl 4 bei einem Versuch gewürfelt wird, ist 1/6 oder 0,166 oder 16,6 %.

Bei mehreren Versuchen (gleichzeitig mit mehreren Würfeln oder nacheinander mit einem Würfel) erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Zahl zu würfeln. Diese Gesamtwahrscheinlichkeit ermittelt man aus dem Produkt entsprechender Einzelwahrscheinlichkeiten. Für die angenommene Zahl 4 wäre das das Produkt $1/6 \cdot 1/6 = 1/36$. Das ist aber die Wahrscheinlichkeit, dass man die bestimmte Zahl 4 *zweimal* würfelt. Die hier interessierenden Fälle *von (mindestens) einmal die Zahl 4 zu würfeln* sind so direkt nicht zu erfassen. Man geht vom Gegenereignis (keine 4) und seiner Wahrscheinlichkeit aus. Diese ist bei einem Versuch 5/6. Bei zwei Versuchen ergibt sich $5/6 \cdot 5/6 = 25/36$. Das wäre die Wahrscheinlichkeit, keine 4 zu würfeln. Damit ist 11/36, d. h. die sich ergebende Differenz zur Zahl 1, die Wahrscheinlichkeit des einmaligen oder evtl. zweimaligen Würfelns der Zahl 4.

Entsprechend verfährt man bei n Versuchen durch n-malige Multiplikation der Wahrscheinlichkeiten des Gegenereignisses und anschließende Differenzbildung zur Zahl 1. Später wird gezeigt, dass diese Vorgehensweise der entspricht, wie man sie bei der Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Geräten anwendet, die sich aus den Einzelausfällen seiner funktionsrelevanten Bauelemente ergibt. Auch hier multipliziert man die Einzelwahrscheinlichkeiten des Gegenereignisses (Bauelement fällt nicht aus) miteinander und ermittelt die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gerätes durch Differenzbildung der sich ergebenden Überlebenswahrscheinlichkeit zur Zahl 1 (s. Abschn. 4.6.3).

4.2.2 Begriffe der Zuverlässigkeit

Die *Zuverlässigkeit* ist definiert als die Eigenschaft, mit der ein Produkt

- eine geforderte Funktion
- unter festgelegten Funktions- und Umgebungsbedingungen
- während einer bestimmten Betriebsdauer

ausführt.

Die Zuverlässigkeit ist demnach eine *Wahrscheinlichkeit* zwischen den Grenzwerten 0 und 1, wobei der Zeitraum eine wesentliche Rolle spielt. Es ist einleuchtend, dass bei genügend langer Betriebszeit jedes Gerät irgendwann einmal ausfallen wird, also die Zuverlässigkeit den Wert 0 annimmt. Zuverlässigkeitsangaben sind auf eine Zeitspanne zu beziehen, andernfalls haben sie keinen Sinn. Weiterhin geht man bei Zuverlässigkeitsbetrachtungen immer davon aus, dass das System am Anfang der Betrachtungen funktionstüchtig ist.