

2.1 Planung von Mittelspannungsverteilungsnetzen

Abhängig von der Spannungsebene und dem zeitlichen Planungshorizont kann die Netzplanung in die Projekt-, die Netzausbau- und die Grundsatzplanung unterteilt werden [2]. In der Planung wird dabei das Ziel verfolgt, für den betrachteten Planungszeitraum die Verbraucher unter Einhaltung einer definierten Zuverlässigkeit mit Energie zu versorgen.

Die Zielerreichung kann in der Planung durch

- die Festlegung der Netzkonfiguration (z. B. Strahlen-, Ring- oder Maschen-netz),
- die Auswahl der Betriebsmittel (z. B. Kabel oder Freileitung),
- die Betriebsweise des Netzes,
- die Sternpunktbehandlung und
- die Qualifikation der Mitarbeiter

beeinflusst werden [2]. Zuverlässigkeit ist seltener Ergebnis, sondern vielmehr eine Vorgabe in der Netzplanung. Dabei wird die Zuverlässigkeit über die hinnehmbare Unterbrechungsdauer definiert [5]. Die hinnehmbare Unterbrechungsdauer als Zielgröße ist keine allgemeine, auf alle Netzbetreiber und alle Netzgebiete übertragbare technische Größe, sondern individuell unter Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse festzulegen [2]. Bei der klassischen Netzplanung werden die zu erwartenden Unterbrechungsdauern nicht ermittelt oder bewertet. Die Zuverlässigkeit findet durch das $(n-1)$ -Prinzip Beachtung. Dabei wird durch Netzbe-

rechnung sichergestellt, dass bei einem Ausfall eines einzelnen Betriebsmittels die weiterhin sich im Betrieb befindlichen Betriebsmittel dessen Aufgabe übernehmen können, ohne dabei definierte Belastungsgrenzen zu verletzen.

Diese klassischen Grundsätze lassen Rückschlüsse über die dabei getroffenen Annahmen zu. So kann sich das praktizierte $(n-1)$ -Prinzip nur bewähren, wenn jedem Betriebsmittel eine so hohe Zuverlässigkeit unterstellt wird, dass der gleichzeitige Ausfall von mehreren Betriebsmitteln als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt wird. Desweiteren können diese Grundsätze natürlich auch nur dann gelten, wenn zu erwarten ist, dass die tatsächlich eintretenden Unterbrechungsdauern hinnehmbare Grenzen nicht überschreiten werden.

Dies bedeutet jedoch natürlich auch, dass eine idealisierte Planung, bei der einzelne Optionen in ihrer Auswirkung auf die Unterbrechungsdauer nicht zu bestimmen sind, nicht möglich ist. So können natürlich auch deutlich geringere Unterbrechungsdauern eintreten, als hinnehmbar wären. Dadurch steht nicht nur ein gewisses Optimierungspotenzial nicht zur Verfügung, sondern führt auch zu einer Unsicherheit, die einen Netzbetreiber dazu zwingt, ein Betriebsmittel nach einem bestimmten Alter zu erneuern, auch wenn dieses nur einen geringen Einfluss auf die Zuverlässigkeit hat. Umgekehrt kann durch diese Vorgehensweise nicht die Frage beantwortet werden, welche Maßnahmen zur Reduzierung der Unterbrechungsdauern technisch und wirtschaftlich die günstigste wäre.

2.2 Die Zuverlässigkeit als Kenngröße von Stromverteilnetzen

Die Zuverlässigkeitssystemtheorie existiert bereits seit den 1940er-Jahren. Da das Versagen des einzelnen Betriebsmittels nicht vorhersagbar ist, basiert die Zuverlässigkeitsbewertung auf einem statistischen und wahrscheinlichkeitstheoretischem Systemdenken [6]. Die Zustandsenumeration und die Monte-Carlo-Simulation sind die für die Energietechnik wesentlichen Berechnungsverfahren für die Zuverlässigkeit [7]. Während das $(n-1)$ -Prinzip, welches als spezieller Fall im Rahmen der Lastflussberechnung überprüft werden kann, qualitativ einzuordnen ist, können durch die Zuverlässigkeitsberechnung auch quantitative Kenngrößen eines Netzes bestimmt werden. Neben der

- Unterbrechungshäufigkeit in 1/Jahr,
- der Unterbrechungswahrscheinlichkeit in Zeiteinheit/Jahr und
- der Unterbrechungsdauer

können durch die Zuverlässigkeitsberechnung auch

- die nicht zeitgerecht gelieferte Energie in kWh/Jahr oder MWh/Jahr

für einzelne Lastknoten bestimmt werden [7].

Die Einhaltung von Maximalwerten der Nichtverfügbarkeit gewinnt durch die Regulierung zunehmend an Bedeutung. Diese wird in die auf den einzelnen Kunden bezogenen Kenngrößen **SAIFI** (*System Average Interruption Frequency Index*) als mittlere Unterbrechungshäufigkeit je angeschlossenen Kunden und **SAIDI** (*System Average Interruption Duration*) als mittlere Unterbrechungswahrscheinlichkeit je angeschlossenen Kunden gemessen [7].

2.3 Rechtliche Bedeutung der Zuverlässigkeit von Stromverteilnetzen

Speziell die Zuverlässigkeit von Stromverteilnetzen ist in der deutschen Gesetzgebung verankert. Ziel des deutschen Gesetzes über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) ist eine „**möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas**“ [8].

Durch Zu- oder Abschläge auf die Erlösobergrenze, die vorgenommen werden können, „**wenn Netzbetreiber hinsichtlich der Netzzuverlässigkeit oder der Netzleistungsfähigkeit von Kennzahlvorgaben abweichen**“, [9] kann die Zuverlässigkeit Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Netzbetreibers nehmen.

Daneben können Stromnetzbetreiber für Sach- und Vermögensschäden haftbar gemacht werden, wenn ein Verschulden des Unternehmers vorausgesetzt wird [10].

Nach aktueller Rechtsprechung kann der Ausfall oder das Versagen von Betriebsmitteln auch nach weniger spezifischen Gesetzen für Stromnetzbetreiber von Bedeutung sein. Am 25.2.2014 hat unter Aktenzeichen VI ZR 144/13 der Bundesgerichtshof entschieden, dass ein Stromnetzbetreiber für Schäden an Elektrogeräten, die durch Überspannungen entstehen, verschuldensunabhängig haftet gem. § 1 Abs. 1 ProdHaftG. Durch die Transformation auf eine andere Spannungsebene verändere der Stromnetzbetreiber das Produkt Elektrizität in wesentlicher Art und Weise. Ursache für die Überspannung in dem vom BGH entschiedenen Fall war die Unterbrechung von zwei PEN-Leitern [11]. Dieses Urteil zeigt, welche rechtlichen Konsequenzen der Ausfall von Betriebsmitteln für Stromnetzbetreiber haben kann. Wie weit diese Entscheidung auch übertragbar auf Schäden ist, die auf eine Versorgungsunterbrechung zurückzuführen sind, geht aus dem Urteil nicht hervor. Gem. § 1 Abs. 1 ProdHaftG haftet der Hersteller auch für Sachschäden, die durch den Fehler seines Produktes entstehen [12].

2.4 Wirtschaftliche Bedeutung der Zuverlässigkeit

Aus wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht sind die Anforderungen an die Versorgung mit Elektrizität besonders hoch. So wird in Industrieländern die Verfügbarkeit von elektrischer Energie für die Notwendigkeit und Annehmlichkeiten des täglichen Lebens von den Menschen als selbstverständlich empfunden [1]. Gleichzeitig sind Industrien, Länder und Region in ihrer Entwicklung abhängig von einer preisgünstigen und zuverlässigen Bereitstellung elektrischer Energie [2].

In [13] und [14] wird der Zusammenhang zwischen der Zuverlässigkeit eines technischen Systems (dargestellt als MTBF: *Mean Time Between Failures* = Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) und dessen Anschaffungs- und Instandhaltungskosten ausführlich beschrieben. So wachsen mit einer höheren Betriebsdauer zwischen zwei Ausfällen die erforderlichen Investitionen und Instandhaltungskosten überproportional. Gleichzeitig sinken mit zunehmender Betriebsdauer zwischen Ausfällen die durch Ausfälle bedingten Kosten. Diese Zusammenhänge lassen sich auch, wie folgt, auch auf einen Mittelspannungakabelring übertragen. So ist zu erwarten, dass die Auswahl der Betriebsmittel in ihrer Ausführung und Qualität mit wachsenden Anforderungen eine höhere Zuverlässigkeit erwarten lassen, jedoch auch mit höheren Investitionen verbunden sind. So sind beispielsweise Kabel mit höheren Investitionskosten verbunden als Freileitungen, jedoch weniger von Ausfällen durch Gewitter betroffen. Dem gegenüber stehen die mit jedem Ausfall einhergehenden Folgekosten. Diese Kosten übertragen Verteilnetzbetreiber in Form der Netzentgelte auf die Verbraucher. Somit steht der Verteilnetzbetreiber zum einen in besonderer Verantwortung, auch im Interesse der Wirtschaft und der Gesellschaft die richtige Abwägung zwischen hoher Verfügbarkeit und niedrigen Gesamtkosten zu treffen, und zum anderen vor der notwendigen Herausforderung, die Zuverlässigkeit und die Gesamtkosten zu quantifizieren – als Grundvoraussetzung für eine Optimierung. Vereinfacht lässt sich dies in der Planungsprämisse

Zuverlässigkeit so hoch wie notwendig, Auslegung und Betrieb so ökonomisch wie möglich

verdeutlichen [2]. Unter Beachtung der Gegebenheiten, dass ein Mittelspannungsnetz aus unterschiedlichen Betriebsmitteln unterschiedlichsten Alters besteht und sich deren spezifischen Zuverlässigkeiten in unterschiedlicher Weise mit zunehmenden Alter verändern, ist das Optimum zeitlich nicht zwangsläufig als konstant anzusehen. Daher muss eine Strategie das Ziel verfolgen, über die Dauer ihrer Anwendung ein Optimum zu finden.

Aus den oben beschriebenen, nicht proportionalen Zusammenhängen lässt sich auch schon ohne durchgeführte Berechnungen die These ableiten, dass ein Betreiber eines hoch zuverlässigen Verteilnetzes bei einer spürbaren Einsparung seiner Kosten für Investitionen und Instandhaltung weniger spürbare Mehrkosten als Folgekosten und eine weniger spürbare Zunahme der Nichtverfügbarkeit zu erwarten hätte. Umgekehrt wäre zu erwarten, dass ein Betreiber eines sehr unzuverlässigen Verteilnetzes durch die Auswahl der richtigen Maßnahmen mit wenigen Mehrkosten eine spürbare Absenkungen der Nichtverfügbarkeit bewirken kann. Ein Vergleich der Nichtverfügbarkeit und der Netzentgelte mit anderen Netzbetreibern oder dem Bundesdurchschnitt kann erste Hinweise geben, ob das Optimum bei einer höheren oder geringen Verfügbarkeit zu erwarten ist.

Investitionsstrategien für Mittelspannungskabel
Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit von Investitionen
und Netzautomatisierung

Werth, T.

2014, XI, 46 S. 20 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-07667-2