

Sicherheit von Starkstromanlagen

Erschienen in der Zeitschrift Sicherheit 3/2003 des Sicherheitsinstitutes (Swiss)

Die Vorteile hochverfügbarer Stromversorgungen werden durch ein mangelhaftes, nicht täglich angewandtes oder fehlendes Sicherheitskonzept zunichte gemacht. Der Artikel zeigt anhand von Beispielen, dass die Sicherheit der Stromversorgung wesentlich von der präventiven Instandhaltung und der Ausbildung des Personals abhängt. Es wird dargestellt, wie ein modernes Sicherheitskonzept aufgebaut ist und welcher Nutzen daraus resultiert.

– Markus Gehrig –

Wir konzentrieren uns auf Unternehmen, die grössere Energiemengen verbrauchen und zudem auf eine sehr gute Versorgungsqualität und -sicherheit angewiesen sind. Ereignisse, die jederzeit eintreten können und, unabhängig vom Zeitpunkt, einen Sach- oder Personenschaden auslösen vermögen:

- Ein defekter Apparat löst einen Brand aus.
- Eine lockere Verbindung in einer 48V-Gleichstrom-Versorgung führt zum Abschmelzen eines Kabelschuhs.
- Die Dieselnostrom-Anlage läuft nicht an, weil die Starterbatterien nichts mehr taugen.
- Ein Brand infolge einer Neutralleiter-Überlastung verursacht einen längeren Betriebsausfall.
- Ein Mitarbeiter schaltet einen Leistungsschalter aus, ein anderer Mitarbeiter schaltet unwissentlich den Schalter wieder ein, während jener an der Leitung arbeitet.

Ereignisse mit kleiner Eintretenswahrscheinlichkeit und - im Normalfall - mit geringen bis mittleren Auswirkungen könnten zu einem kritischen Zeitpunkt existenzgefährdend sein:

- Eine Bank sichert am Ende des Monats die Daten, ein gleichzeitiger Netzausfall hätte gravierende Folgen.
- In einem Einkaufszentrum fällt mitten im Weihnachtsverkauf die Stromversorgung aus. Die Menschen werden evakuiert und das Zentrum muss geschlossen werden.
- In einem Spital fällt während einer schwierigen Operation die Stromversorgung aus.

Diese Szenarien kommen leider immer wieder vor und wären doch eigentlich vermeidbar – mit einer dem Betrieb angepassten, kostengünstigen Lösung.

Im Zusammenhang mit Elektrounfällen relevante Gesetze

Im Falle eines Elektrounfalls kann der Versicherer Leistungskürzungen vornehmen, wenn die Unfallprävention nicht gesetzeskonform durchgeführt wurde. Im Zuge der Erneuerung des Bundesgesetzes über den allgemeinen Teil des Sozialversicherungsrechts (ATSG), in Kraft seit dem 1. Januar 2003, wurde das Haftungsprivileg der Arbeitgeber eliminiert (Art. 44 Abs. 2 UVG). Damit haftet nun der Arbeitgeber gegenüber seinen Arbeitnehmern für jedes Verschulden und nicht wie früher nur im groben Verschuldensfall.

Zivilrechtlich haftet der Anlagenbetreiber für Sachschäden einerseits als Werkeigentümer (Art. 58 OR) und andererseits als Geschäftsherr (Art. 55 OR) *kausal*, das heisst, es muss kein Verschulden vorliegen.

Unabhängig vom Zivilrecht kann ein Schaden, verursacht durch einen Unfall oder eine Störung, auch strafrechtliche Folgen haben.

Grundsätzlich muss jeder Besitzer einer Starkstromanlage über ein sogenanntes *Sicherheitskonzept* verfügen (Art. 12 Starkstromverordnung), in dem dargelegt wird, wie Elektrounfälle im Betrieb vermieden werden und wie im Ereignisfall reagiert werden soll. Grundsätzlich ist jeder Betrieb davon betroffen, der eine elektrische Anlage betreibt und elektrische Energie nutzt.



Abbildung 1: Hochspannungs-Schaltanlage.

Das Sicherheitskonzept

Ein Sicherheitskonzept, das die gesetzlichen Anforderungen erfüllt, gewährleistet nicht nur die sinnvolle Umsetzung der Unfallprävention, es bildet auch die Basis für eine hohe Zuverlässigkeit. Wo sich keine Unfälle ereignen, fällt in aller Regel auch der Strom seltener aus. Dazu bedarf es allerdings noch einiger organisatorischer Massnahmen.

Der Schaden aus der Sicht des Kunden

Ein Stromausfall, der einen Datenverlust, einen Betriebsunterbruch, eine verminderten Produktqualität oder einen Unfall mit Personenschaden nach sich zieht, belastet das Vertrauen der Kunden. In der *direkten* Form kann die Folge eine Schadenersatzklage oder die Kündigung eines Dienstes (Telefon, Data-Hosting usw.) bedeuten. Die *indirekte* Form ist vor allem der Imageverlust, der unter Umständen zu nachhaltigen Umsatzeinbussen führt.

Der Schaden aus der Sicht des Betriebs

Neben den Schäden an der Front sind oft auch bedeutende Folgekosten durch Schäden an Geräten, Anlagen, Halbfabrikaten und Rohstoffen zu verzeichnen. Eine teure, hochverfügbare Stromversorgung nützt wenig, wenn die Organisation nicht optimal abgestimmt ist. Ein Betriebs- und Sicherheitskonzept verursacht normalerweise keine Mehrkosten, sondern setzt die vorhandenen Ressourcen optimal ein.

Unfallursachen

In Spitälern, Rechenzentren, Banken und ausfallsensitiven Industriebetrieben sind heute recht zuverlässige Stromversorgungen installiert. Meistens gewährleisten sogar redundante Konfigurationen eine optimale Betriebssicherheit. Im Laufe der Jahre sind sporadisch Wartungsarbeiten, kleinere Ergänzungen bis hin zu grösseren Erneuerungsarbeiten notwendig. In jedem Falle arbeiten Handwerker an Anlagen, die in Betrieb stehen. Das ist auch bei sehr gut qualifiziertem Personal mit gewissen Risiken verbunden. Allgemein ist bekannt, dass weit mehr Störungen auf menschliches Fehlverhalten als auf defekte Anlagen zurückzuführen sind. Also ist es wichtig – auch im Sinn des Investitionsschutzes der Notstromanlagen –, die Folgen menschlichen Fehlverhaltens mit Hilfe eines Sicherheitskonzepts einzugrenzen.



Abbildung 2: Starkstrom-Schaltanlage für ein Data Center.

Fallbeispiele

Die drei Beispiele beschreiben Fälle, die immer wieder eintreten, wenn im Betrieb zu wenig auf die Sicherheit der Starkstromanlagen und deren Handhabung geachtet wird. Ein Sicherheitskonzept ist kein Garantieschein gegen Stromausfälle, aber es ist ein unverzichtbares Mittel zur Minimierung der Zahl von Störungen und zur Schadensbegrenzung im Ereignisfall.

Fallbeispiel 1:

Durchgebrannte Sicherung

Eine Sicherung in der Hauptverteilung einer Produktionsstätte in der Kunststoff-Branche ist durchgebrannt, die gesamte USV-Anlage geht in Batteriebetrieb.

Der Fehler wird sofort entdeckt. Zuerst müssen geeignete Ersatzsicherungen gesucht werden, weil in der Vorwoche die letzten Sicherungen verwendet wurden. Der zuständige Mitarbeiter, der genau bescheid weiss, weilt zur Zeit in den Ferien. Die USV ist inzwischen in den Batteriebetrieb gegangen. Die Dieselnotstromanlage, die bei längeren Stromausfällen die USV nach wenigen Sekunden wieder speist, springt korrekterweise nicht an, da kein Netzausfall vorliegt. Die Zeit reicht nicht, die Ersatzsicherungen zu besorgen, bevor die Batterien leer sind. Die Produktion steht still, und es entsteht ein grosser Schaden.

Vermeidbare Fehler

- Die Stellvertretung war nicht oder ungenügend geregelt.
- Die Materialbeschaffung funktionierte nicht. Es fehlte ein Instrument, das die Kontrolle über die Vorräte sicherstellt.
- Ein Notfall-Szenarium für solche Fälle war nicht vorhanden. Es hätte nämlich die Möglichkeit bestanden, bis zur Beschaffung von Ersatzsicherungen die Sicherungen einer weniger wichtigen Anlage zu verwenden. Damit wäre das komplette Entleeren der Batterien vermeidbar gewesen.

Vielleicht denken Sie, dieser Fall wäre Ihnen oder Ihren Mitarbeitenden nicht passiert. Aber in Stresssituationen (Zeitdruck, ein absehbar grosser Schaden, Schuldfrage, Konsequenzen, Angst vor dem Verlust der Arbeitsstelle) ist ein solches Verhalten durchaus menschlich, nachvollziehbar und verständlich. Krisensituationen lassen sich zwar nicht planen, aber es kann eine Grundlage geschaffen werden, die das Beherrschen aussergewöhnlicher Ereignisse besser gewährleistet.

Fallbeispiel 2:

Instandhaltungsarbeiten

In einem Rechenzentrum wird ein neuer Server mit verschiedenen Peripheriegeräten installiert. Dazu ist eine neue Verteilung erstellt worden, die an der Hauptverteilung der unterbrechungslosen Stromversorgung angeschlossen werden soll.

Der Instandhaltungsleiter hat eine Besprechung, während der externe Elektriker vorbei kommt, um die dringenden Arbeiten zu erledigen. Der Instandhaltungsleiter delegiert den Stellvertreter, von Beruf Heizungsinstallateur, um den externen Elektriker zu den Anlagen zu begleiten. Statt ihn zu beaufsichtigen geht der Stellvertreter wieder seinen eigenen Aufgaben nach. Der Elektriker schliesst das Kabel alleine an, während die unmittelbar benachbarten Anschlüsse unter Spannung stehen. Dabei touchiert er mit seinem nicht speziell für solche Arbeiten isolierten Werkzeug die benachbarten Polleiter und die Rahmenkonstruktion. Der Kurzschluss zündet einen Lichtbogen, der Handwerker kommt mit viel Glück mit dem Schrecken und einer leichten Verbrennung an der Hand davon. Schlechter ergeht es der EDV-Anlage: Der Kurzschluss löst die vorgeschaltete Sicherung korrekt aus. Die EDV ist spannungslos, die Daten, die während dieser Zeit verarbeitet werden, sind verloren. Es entsteht zudem ein hoher, nicht bezifferbarer Imageverlust.

Vermeidbare Fehler

- Der Elektriker hätte nicht alleine unter Spannung arbeiten dürfen, und war falsch ausgerüstet.
- Der Vorgesetzte des Elektrikers wusste, dass solche Arbeiten nicht von einer Person ausgeführt werden dürfen. Er hatte mit dem Instandhaltungsleiter vereinbart, keinen zweiten

- Mann zu entsenden, weil ihm versichert worden war, es stehe eine betriebsinterne Hilfskraft zur Verfügung.
- Der Stellvertreter des Instandhaltungsleiters war kein Elektrofachmann, er konnte daher die Gefahren nicht genau genug einschätzen und wusste nicht, dass er den als sehr zuverlässig geltenden Elektriker nicht alleine arbeiten lassen durfte.
 - Der Instandhaltungsleiter wusste von den Gefahren und kannte das Gesetz. Unter Kostendruck, Terminen und Personalengpässen überliess er seinen an sich gut qualifizierten Mitarbeitenden viel Selbstverantwortung. Einzig Weiterbildung, Stellvertreter-Regelungen und Checklisten waren noch ungenügend gelöst. Sein Antrag, ein Sicherheitskonzept umzusetzen, war von der Geschäftsleitung aus Kostengründen abgelehnt worden.

Glücklicherweise hatte die Elektro-Installationsfirma eine Haftpflichtversicherung, die allerdings den Imageverlust nicht deckte. Der Fall lief glimpflich ab: Hätte eine beteiligte Person eine Körperverletzung mit bleibendem Schaden erlitten oder das Leben verloren, hätte neben den viel höheren Kosten und grösserem Imageverlust ein strafrechtlicher Tatbestand vorgelegen, der die Geschäftsleitung beider Unternehmungen hätte tangieren können.

Prävention ist die beste Versicherung. Genau solche Fälle lassen sich mit einem guten Sicherheitskonzept vermeiden, weil es auch die Grauzonen zwischen verschiedenen Verantwortlichkeiten regelt. Der allfällige Schaden ist für den Betreiber der Anlage immer grösser als für den externen Auftragnehmer.

Fallbeispiel 3

Umstrukturierung

Zwei Firmen schliessen sich zusammen. Beide haben einen technische Dienst, der für den Betrieb und die Instandhaltung der Anlagen verantwortlich ist. Die Struktur ist auf die Hauptgeschäftsfelder ausgerichtet. Deshalb werden die Instandhaltungs-Abteilungen der Versorgungseinrichtungen direkt in die Linienorganisation integriert. Den Anlagenwarten werden teilweise andere, ihnen nicht bekannte Anlagen zugeteilt. Einige Mitarbeiter werden entlassen. Die Kenntnis über die Anlagen, ihre speziellen Gegebenheiten und Schwachpunkte geht verloren.

Anlässlich jährlicher Wartungsarbeiten kommt es zu einer Fehlschaltung. Dabei ist die Notversorgung der zentralen Steuerung abgeschaltet, eine automatische Schaltung ist nicht mehr möglich. Beim manuellen Aufbauen der Schaltungen wird ein Fehler begangen, der einen Schaden an der USV verursacht.

Vermeidbare Fehler

Der Wissenstransfer fand nicht statt; die Mitarbeitenden waren auf die neue Aufgabe zu wenig vorbereitet worden. Es wurde auch kein nachvollziehbares Schaltprogramm erstellt, das von einer Drittperson hätte geprüft werden können. Ein Notfallprogramm fehlte.



Abbildung 3: Etappenweise Inbetriebnahmen bergen besondere Gefahren: Baustelle Energiezentrale.

Strategische Bedeutung

Das Sicherheitskonzept hat strategische Bedeutung, wenn

- die Verfügbarkeit der Anlagen für die Haupttätigkeiten einer Firma von zentraler Wichtigkeit ist;
- ein Ausfall den Umsatz massgeblich beeinflusst;
- ein bedeutender Imageverlust entsteht;
- Produktionsausfälle oder Materialausschuss als Folge von Stromausfällen hohe Kosten verursachen.

In diesen Fällen sollte das Sicherheitskonzept für die Starkstromanlagen im Rahmen des Unternehmens-Riskmanagements abgewickelt werden.

Es reicht nicht, wenn der Instandhaltungsleiter Bescheid weiss. Vielmehr müssen alle Mitarbeitenden, die mit der Stromversorgung zu tun haben, stufengerecht informiert werden: der Planer wie der Betriebselektriker, der Standortleiter wie der Raumpfleger, der die Böden in den Betriebsräumen reinigt. Auch bei Personalwechsel, Outsourcing und Fusionen ist die Betriebssicherheit streng zu beachten. Ziel ist die nachhaltige Wertgenerierung durch bessere Verfügbarkeit der Anlagen bei minimalem Kapitaleinsatz.

Umsetzung des Sicherheitskonzepts

Eine Möglichkeit besteht darin, das Sicherheitskonzept durch eine externe, auf Stromversorgungen spezialisierte Firma erstellen zu lassen. Das Beratungsunternehmen sollte neben den elektrotechnischen Fachwissen auch über betriebswirtschaftliche, organisatorische und rechtliche Kenntnisse verfügen. Nur so kann ein vollständiges und trotzdem zweckdienliches Handbuch entstehen, das für den Alltag taugt. Das fertige Konzept wird dann im Betrieb durch Schulung und Instruktion umgesetzt.

Noch empfehlenswerter ist es, wenn ein interner Mitarbeiter das Sicherheitskonzept erstellt, der im Coaching-Prinzip von einem externen Berater unterstützt wird. Der interne Mitarbeiter kennt die Betriebsabläufe und Eigenheiten der Firma besser. Zusammen mit dem Spezialwissen des Beratungsunternehmens, den bereitgestellten Vorlagen und Inhaltsgrundraster kommt ein ganzheitliches Sicherheitskonzept zustande, das die Zuverlässigkeit der Anlagen ohne grosse Investitionen nachhaltig gewährleistet.

Im Internet werden unter www.power-engineering.ch weiterführende Dokumente angeboten.

Autor:

Markus Gehrig
Dipl. El. Ing. TS/REG B
MG Power Engineering AG
Strehlgasse 32, 8600 Dübendorf
Telefon: 044 882 17 18
Telefax: 044 882 17 19
Internet: www.power-engineering.ch
E-mail: m.gehrig@power-engineering.ch

Literaturhinweis

1 Verordnung über Elektrische Starkstromanlagen SR734.2, vom 30.03.1994, Art. 12

Bildlegenden:

- Abb. 1: Hochspannungs-Schaltanlage.
- Abb. 2: Starkstrom-Schaltanlage für ein Data Center.
- Abb. 3: Etappenweise Inbetriebnahmen bergen besondere Gefahren:
Baustelle Energiezentrale.