



Sicherheit und Gefahr in elektrischen Niederspannungsanlagen

Autor: Eur.-Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx



Powering Business Worldwide

Mai 2015

Sicherheit und Gefahr in elektrischen Niederspannungsanlagen

Alfred Mörx



diam-consult
Ingenieurbüro für Physik
Pretschgasse 21/2/10
A-1110 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-769-67-50-12
Fax.: +43-(0)1-769-67-50-20
E-Mail: management@diamcons.com
www.diamcons.com



Inhaltsübersicht

1	Einführung.....	3
1.1	Sicherheit, Grenzkrisiko und Restrisiko	3
1.2	Risiko und Schadensfolgekosten	4
2	Anlagenschutz und Schadensfolgekosten	5
2.1	Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion.....	5
2.2	Ermittlung der anlagenspezifischen Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion.....	6
2.3	Beispiele aus dem Bereich der Versorgung informationstechnischer Einrichtungen	7
2.4	Maßnahmenplanung	9
3	ArbeitnehmerInnenschutz und Verantwortung.....	10
3.1	Grundsätze	10
3.2	Sicherheit, Stand der Technik und Verantwortung	10
3.3	Störlichtbogen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	11
4	Zusammenfassung.....	12
5	Literaturhinweise	12



Eur.-Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx

(*1958 in Wien) ist seit 2001 Inhaber und Leiter von diam-consult, eines Ingenieurbüros für Physik mit dem Arbeitsschwerpunkt Risikoanalyse und Schutztechnik in komplexen technischen Systemen. Er studierte technische Physik an der TU-Wien. Als Experte für grundlegende Fragen der elektrotechnischen Sicherheit arbeitet er seit mehr als 25 Jahren in nationalen, europäischen und internationalen Arbeitsgruppen im Bereich sichere Elektrizitätsanwendung.

Internet: www.diamcons.com, E-Mail: am@diamcons.com



1 Einführung

1.1 Sicherheit, Grenzrisiko und Restrisiko

Der Begriff der Sicherheit, als unverzichtbarer Basisbegriff für alle Überlegungen zur Schutztechnik in Niederspannungsanlagen, ist heute als "*Freiheit von unververtretbaren Schadensrisiken*" weitestgehend anerkannt.

Dies bedeutet, dass Sicherheit eine Freiheit ist, die jedes *unvertretbare* Schadensrisiko ausschließt und es erlaubt, eine Situation eindeutig als "Sicher" oder "Gefährlich" zu klassifizieren. Ziel der Planung und Ausführung von Niederspannungsanlagen ist es, Sicherheit zu erreichen und Gefahren auszuschließen.

Viele zu diesem Themenkreis geführten Diskussionen um die eindeutige Abgrenzung von "Sicherheit" und "Gefahr" sind der Fachwelt seit vielen Jahren bekannt [3], sodass hier nur auf einige Kernaussagen eingegangen wird.

Die Abgrenzung von Gefahr und Sicherheit ist durch die Einführung des Begriffs "Höchstes vertretbares Risiko" getroffen; diese Zusammenhänge sind in Bild 1-1 dargestellt.

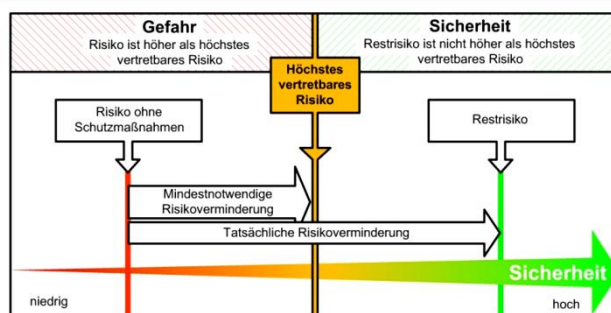


Bild 1-1 Grundsätze der Sicherheitsphilosophie für Niederspannungsanlagen und Niederspannungsbetriebsmittel aus risikotechnischer Sicht. Verringerung des Restrisikos durch zusätzliche Maßnahmen, die zur deutlichen Unterschreitung des höchsten vertretbaren Risikos („Grenzrisiko“) in Richtung hoher Sicherheit führen.

In der Praxis muss nun bei der Planung und Herstellung von Betriebsmitteln (z. B. Niederspannungsschaltgerätekombinationen) durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass das Risiko, das nach Anwendung von Schutzmaßnahmen verbleibt, möglichst gering, in keinem Fall jedoch größer als das höchste vertretbare Risiko ist.

Dieses „höchste vertretbare Risiko“, oft auch als das „Grenzrisiko“ bezeichnet, muss in jedem Fall (mit jeder Schaltgerätekombination) erreicht werden; insofern stellen alle Maßnahmen, die dazu beitragen, dass dieses Grenzrisiko erreicht wird, Minimalmaßnahmen zur Risikominderung dar. Die *in den anerkannten Regeln der Technik*¹ enthaltenen Anforderungen legen diese *schutztechnischen Minimalanforderungen* fest.

¹ Internationale anerkannte Regeln der Technik (IEC), Europäische anerkannte Regeln der Technik (EN), nationale anerkannte Regeln der Technik (OVE, VDE, ...); für Niederspannungsschaltgerätekombinationen z. B. IEC/EN 61439-Serie.



Dieses höchste vertretbare Risiko darf jedoch keinesfalls mit dem Begriff des Restrisikos (siehe Bild 1-1) verwechselt werden, da es ja das Bestreben jedes mit sicherheitsrelevanten Aufgaben beschäftigten Technikers sein muss, das auch bei Anwendung von technischen Maßnahmen niemals vollständig auszuschließende Restrisiko *möglichst weit unter die höchste vertretbare Grenze* zu drücken; d. h. möglichst weit in Richtung Sicherheit zu schieben.

Es gibt viele Motive für die Realisierung von (zusätzlichen) Maßnahmen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, die über das höchste vertretbare Risiko in Richtung hoher Sicherheit hinausgehen.

Aus der praktischen Erfahrung lassen sich nachstehende Beweggründe beispielhaft angeben:

- Bei der bei der Herstellung, Installation oder Wartung in der Schaltgerätekombination können irrtümlich leitfähige Materialien oder Baugruppen zurückgelassen („vergessen“) werden.
- In der Schaltgerätekombination können unerkannte Materialmängel bestehen oder bei der Verarbeitung von Materialien entstanden sein.
- Eindringen von Kleintieren wie Mäuse, Schlangen, etc. in die Schaltgerätekombination
- Verwendung einer nicht für die tatsächliche Anwendung geeignete Schaltgerätekombination, was zu Überhitzung und in der Folge zu internen Lichtbogen führen kann.
- Ungeeignete Betriebsbedingungen (z. B. Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit)
- Fehlbedienung
- Mangelnde Instandsetzung und/oder Zeitüberschreitungen bei vorbeugender Instandhaltung (Wartung)

Schaltgerätekombinationen, die nur die *Mindestanforderungen* erfüllen, unterschreiten beim Auftreten eines der oben genannten Ereignisse mit großer Wahrscheinlichkeit das höchste vertretbare Risiko in Richtung Gefahr. Sind zusätzliche Maßnahmen getroffen, können Schäden in den Anlagen bzw. Betriebsunterbrechungen mit empfindlichen Schadensfolgekosten in ihrem Ausmaß verringert werden. Dasselbe gilt für gesundheitliche Beeinträchtigungen von Arbeitnehmer/innen, die in oder in der Nähe dieser Anlagen beschäftigt sind. Die Niederspannungs-Schaltgerätekombination, mit zusätzlichen Maßnahmen ausgestattet, verfügen gleichsam über eine Art von „Sicherheitsreserve“.

1.2 Risiko und Schadensfolgekosten

Überlegungen zum - durch technische Maßnahmen erreichbaren - minimalen Restrisiko müssen jedoch, insbesondere in gewerblich und/oder industriell genutzten Verbraucheranlagen, zunehmend vor dem Hintergrund der allfällig zu erwartender *Schadensfolgekosten* durchgeführt werden.

Schadensfolgekosten sind Kosten, die bei Betriebsunterbrechung entstehen. Betriebsunterbrechungen in Produktionsunternehmen könne eine Reihe von Ursachen haben wie z. B. fehlende Rohmaterialien, ungeplanter Stillstand von Produktionseinrichtungen durch auftretende Fehlfunktionen mit mechanischer, elektrischer oder steuerungstechnischer Ursache.

Zu den Schadensfolgekosten zählen jedoch auch Kosten, die unter anderem infolge unzureichender Zuverlässigkeit der Energieversorgung (z. B. durch Fehlauslösungen von Schutzeinrichtungen bei Gewittern) beim Ausfall einer Anlage, eines Anlagenteils oder eines Betriebsmittels entstehen.

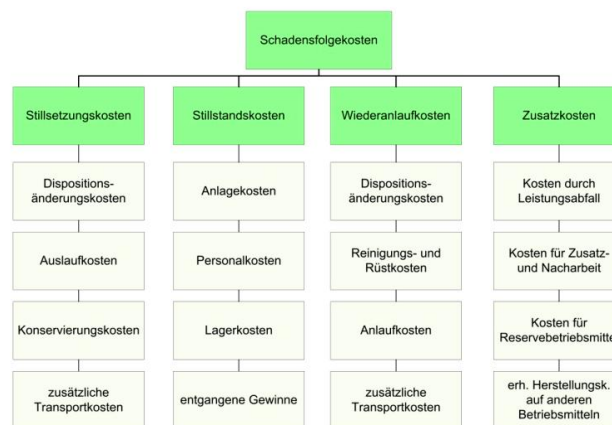


Bild 1-2 Schadensfolgekosten (Kostenarten) bei Stillstand elektrisch versorgter Produktions- oder Prozessanlagen

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, sind wesentliche Komponenten möglicher Schadensfolgekosten in Bild 1-2 zusammengestellt.

Besondere Bedeutung haben Betriebsunterbrechungen, die durch den Ausfall der Energieversorgung infolge Beschädigung oder teilweiser oder vollständiger Zerstörung des Energieverteilungssystems (Schaltanlage, Haupt- und Subverteiler, Kabel und Leitungsanlagen) entstehen. Die besondere Bedeutung dieser Gruppe von Betriebsunterbrechungen liegt darin, dass Stillstandskosten und Zusatzkosten mit steigender Unterbrechungsdauer stark ansteigen. Eine kurzfristige Instandsetzung der Anlage und die Wiederbeschaffung der für die Instandsetzung benötigten Betriebsmittel (z. B. Leistungsschalter, Schienensysteme) ist in vielen Fällen nicht möglich.

2 Anlagenschutz und Schadensfolgekosten

Anlagenspezifische Schadensfolgekosten können mit Hilfe der Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion ermittelt werden. Zu diesen Schadensfolgekosten sind natürlich immer die Wiederherstellungskosten z. B. der Niederspannungs-Schaltgerätekombination und der beschädigten Anlagenteile zu addieren.

2.1 Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion

Unter der Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion² (S), in einigen Publikationen [6] auch als Customer Damage Function³, bezeichnet, versteht man den funktionellen Zusammenhang zwischen dem entstehenden Schaden in einer elektrischen Anlage bei Ausfall der Anlage (oder bei deren eingeschränktem Betrieb) und der Dauer der Unterbrechung.

Die Funktion kann Sprungstellen aufweisen, wenn bei Überschreitung eines bestimmten Wertes der Unterbrechungsdauer Schäden an Produktionsmitteln auftreten. Als Beispiel können hier Zubereitungen (z. B. Lebensmittel) genannt werden, die nach einer bestimmten Dauer der Prozessunterbrechung nicht mehr weiterverarbeitet werden können und entsorgt werden müssen.

² Damage-Interruption-Function

³ Diese Bezeichnung taucht vor allem in Publikationen und in Berechnungsmethoden auf, die die Abschätzung des kundenspezifischen Schadens beim Ausfall des öffentlichen Verteilungsnetzes zum Inhalt haben.

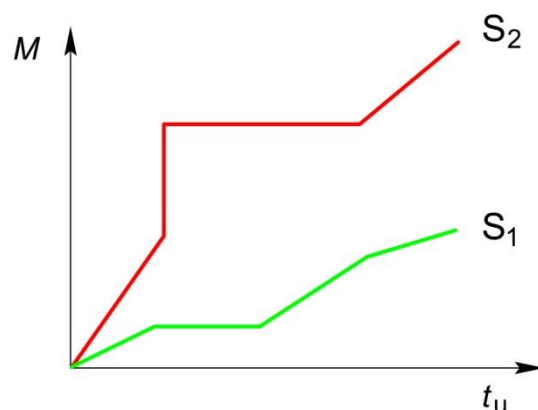


Bild 2-1 Mögliche Formen von Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktionen (S_1 , S_2); M ... Schaden (oder Schadensfolgekosten) in Geldeinheiten⁴, t_u ... Unterbrechungsdauer der Energieversorgung z. B. in Stunden

2.2 Ermittlung der anlagenspezifischen Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion

Schadensfolgekosten beim Ausfall der Stromversorgung können mit hinreichender Genauigkeit nur anlagenspezifisch ermittelt werden, da die Unterschiede in der Nutzung der Anlagen sehr groß sind.

Darüber hinaus ist die Kenntnis der Schadensfolgekosten, ausgedrückt durch die Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion auch für die Auslegung allfällig notwendiger Ersatzstrom-Energieverteilungssysteme von Bedeutung. Auch diese Ersatzstrom-Energieverteilungssysteme⁵ mit ihren Schaltgerätekombinationen und den in diese eingebauten Schaltgeräten müssen in vielen Fällen höheren Anforderungen als den Mindestanforderungen in den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Für die Ermittlung von spezifischen anlagenspezifischen Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktionen aus den Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktionen mehr oder weniger vergleichbarer Versorgungsunterbrechungen liegen heute ausführliche Berechnungskonzepte vor (siehe [5] und die darin zitierte Literatur).

Schon auf Basis der in Bild 1-2 dargestellten nicht vollständigen Übersicht können - unter Verwendung der jeweiligen unternehmensspezifischen Daten - für eine bestimmte elektrische Anlage die Schadensfolgekosten errechnet und den Kosten für allfällige zusätzliche konstruktive Maßnahmen bei der Errichtung der Anlage gegenübergestellt werden.

Dazu müssen die in der betrieblichen Kostenrechnung des jeweiligen Unternehmens enthaltenen Daten den einzelnen Kostenarten der Schadensfolgekosten zugeordnet, addiert und als Funktion der Unterbrechungsdauer dargestellt werden (Tabelle 2-1). Eine grafische Darstellung der zugehörigen Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion ist in Bild 2-2 dargestellt.

⁴ Geldeinheit (G): Unter der Geldeinheit versteht man eine bestimmte Menge an Geld unabhängig von der jeweiligen Währung, wobei diese auch oft als Geldeinheit bezeichnet wird.

Geldeinheiten werden oft mit „G“ angegeben. Im Vergleich zur jeweiligen Bezeichnung einer Währung (z. B. Euro) ist die Geldeinheit also eher die Abstraktion eines immer wieder auftauchenden Zahlungsmittels [2].

⁵ Auch für Ersatzstrom-Energieverteilungssysteme, die unabhängig von jenen für die allgemeine Energieversorgung im Normalbetrieb geplant und ausgeführt werden, kann eine Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion als Grundlage für die technische Ausführung ermittelt werden.



Beispiel für die Abschätzung des Schadensfolgekosten (M) als Funktion der Unterbrechungsdauer (t_u)						
		Schadensfolgekosten M [€] nach t_u [Stunden]				
	t_u	3	6	12	18	24
Stillsetzungskosten						
	Dispositions-Änderungskosten (Information der Kunden über Lieferverzug)	150	90	-	-	-
	Konservierungskosten (von Halbfertigwaren und Rohmaterial)	500	1000	2000	3000	4000
Stillstandskosten						
	Personalkosten	900	1800	3600	5400	7200
	Entgangene Gewinne	-	-	-	2000	3000
Wiederanlaufkosten						
	Dispositionsänderungskosten (Neustrukturierung der Aufträge)	-	-	90	150	150
	Reinigungs- und Rüstkosten	-	-	500	500	500
Zusatzkosten						
	Kosten für Reservebetriebsmittel	-	-	4000	8000	12000
	Konventionalstrafe (für Nichterfüllung der Liefertermine)	-	-	-	-	10000
Summe Schadensfolgekosten M [€]		1550	2890	10190	19050	36850

Tabelle 2-1 Abschätzung der Schadensfolgekosten M als Funktion der Unterbrechungsdauer beim Ausfall der Niederspannungs-Schaltgerätekombination für die Hauptverteilung einer Produktions-/Abfülleinrichtung im Bereich der Lebensmittelindustrie; beispielhafte Darstellung

Für die Berechnung des gesamten Schadens, z. B. nach einer vollständigen oder teilweisen Zerstörung von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen oder Anlagenteilen, sind die Wiederherstellungskosten zu diesen Schadensfolgekosten zu addieren.

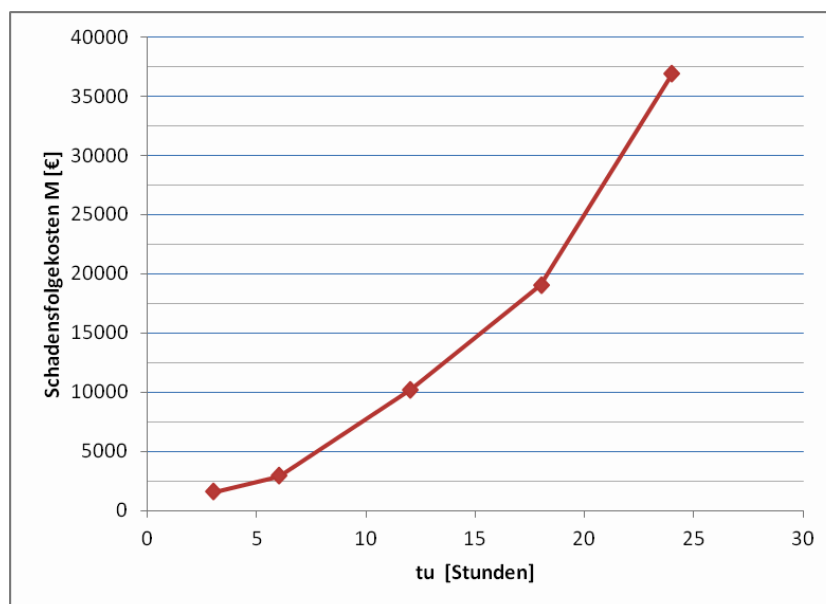


Bild 2-2 Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion S; Schadensfolgekosten M als Funktion der Unterbrechungsdauer t_u beim Ausfall der Niederspannungs-Schaltgerätekombination für die Hauptverteilung einer Produktions-/Abfülleinrichtung im Bereich der Lebensmittelindustrie; beispielhafte Darstellung

2.3 Beispiele aus dem Bereich der Versorgung informationstechnischer Einrichtungen

Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen die informationstechnische Einrichtungen (IT-Einrichtungen) versorgen, die Geschäftsprozesse unterstützen oder solche, die den Geschäftsprozess steu-



ern, müssen hinsichtlich ihrer Ausfallssicherheit immer sorgfältig betrachtet werden. In vielen Fällen findet man mit „nur normkonformen Schaltanlagen“ nicht das Auslangen.

Systemausfälle in dieser Anlagenart können, auch wenn die Unterbrechungsdauer nur wenige Stunden beträgt, zu erheblichen Schadensfolgekosten führen.

In [07] findet man für IT-Einrichtungen (schon im Jahr 2007!) folgende Angaben:

„Die Kosten für ausgefallene Arbeitszeit, als Ergebnis von Stundensatz und Zahl der betroffenen Mitarbeiter, können immer nur einen sehr groben Anhaltspunkt liefern, denn meist sind andere Faktoren gravierender:

Womöglich sind auch Vertragsstrafen für nicht rechtzeitig erfolgte Lieferungen zu bezahlen, in der Automobilproduktion heute eine gängige Praxis.

Zu den unmittelbaren Ausfallkosten kommen außerdem die schwer zu quantifizierenden Schäden durch Imageverlust wie verärgerte Kunden und Lieferanten.

Je mehr die Geschäftsprozesse von der IT abhängen, desto seltener werden Fälle, in denen der Stillstand des IT-Systems nur geringfügige Folgen hat. Konnte man zum Beispiel vor zehn Jahren in solchen Fällen wenigstens noch telefonieren, so sind heute auch die Vermittlungsstellen in die IT integriert, zugleich hat sich ein Teil der Kommunikation mit E-Mail direkt auf die IT verlagert.“

In [07] ist eine (grobe) Abschätzung der Kosten für die Nicht-Einsatzfähigkeit von EDV-Einrichtungen für einige Branchen zusammengestellt.

Branche	Schadensfolgekosten / Stunde [US \$]
Fertigung	28 000
Logistik	90 000
Einzelhandel	90 000
Home-Shopping	113 000
Medien (Pay per View)	1 100 000
Bankrechenzentrum	2 500 000
Kreditkartenverarbeitung	2 600 000
Broker	6 500 000

Tabelle 2-2 Schadensfolgekosten pro Stunde bei Ausfall der EDV-Einrichtungen; entnommen [07]

Eine Untersuchung [8] in Deutschland des ECC Handel aus dem Jahr 2010 in deren Rahmen 182 Personen aus kleinen oder mittelständischen Unternehmen und aus dem Handwerk befragt wurden, ergab folgendes Ergebnis (Tabelle 2-3):

Frage: Wie hoch würden Sie ihren betrieblichen Schaden bei einem IT-Totalausfall bemessen, abhängig von der Dauer des Ausfalls?

Bei einem Ausfall bis zu vier Stunden schätzten 50,3 % der Befragten den Schaden auf einen Betrag zwischen 1000 bis 4999 € und 11,5 % der Befragten den Schaden auf einen Betrag über 19 999 €.



Bei einem Ausfall von bis zu einer Woche schätzten bereits 35,7 % der Befragten den Schaden auf einen Betrag über 19 999 €.

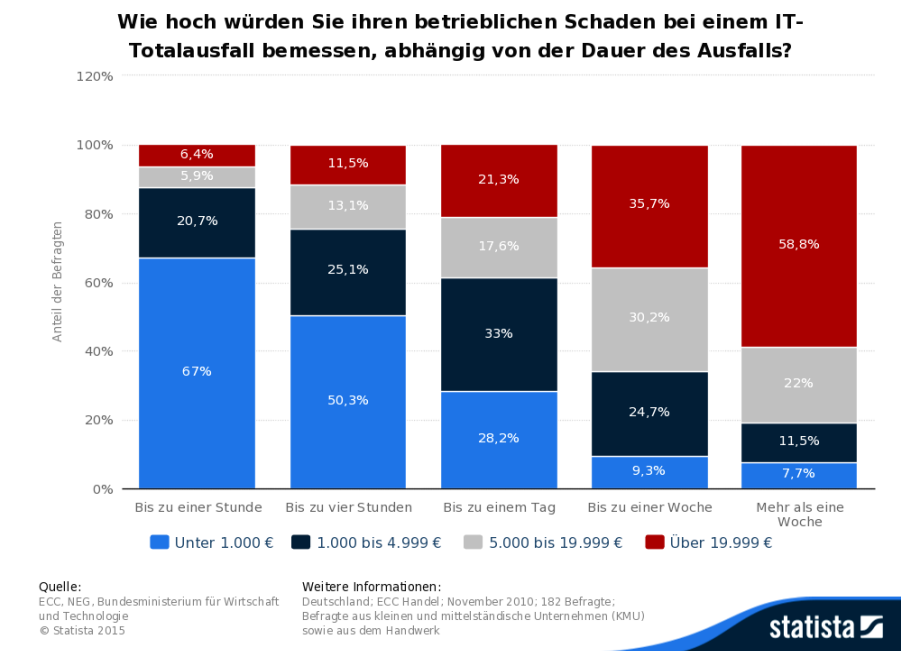


Tabelle 2-3 Ergebnisse einer Befragung aus kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) sowie aus dem Handwerk; entnommen [8].

2.4 Maßnahmenplanung

Für eine gezielte Planung von Maßnahmen (die über die Mindestanforderungen der IEC 61439 bzw. EN 61439 hinausgehen) zur Reduzierung des Restrisikos in Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen ist die Beantwortung einer zentralen Frage notwendig. Diese Frage lautet:

Wie groß ist die Wichtigkeit/die Bedeutung der Niederspannungs-Schaltgerätekombination für die Aufrechterhaltung des Betriebes und die Sicherheit der in der Nähe der Schaltgerätekombinationen befindlichen DienstnehmerInnen (siehe auch Abschnitt 3)?

Hilfestellung bei der Beantwortung dieser zentralen Frage können Antworten auf nachstehende Fragen sein:

1. Welche technischen Auswirkungen hat ein Ausfall der Schaltgerätekombination?
2. Wie groß sind die Schadensfolgekosten, wie sieht die Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion aus?
3. Welche möglichen Auswirkungen hat ein Versagen der Schaltgerätekombination auf die mit Instandhaltung beschäftigten DienstnehmerInnen?
Wie werden in der Praxis die Maßnahmen der *vorbeugenden Instandhaltung* (Wartung), die regelmäßig durchgeführt werden, um Ausfälle zu verhüten und die Betriebsmittel in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten und *Instandsetzung*, z. B. Reparatur, Austausch fehlerhafter Teile, durchgeführt.
4. Wie groß ist der Image-Schaden, weil Liefer- und Leistungstermine nicht eingehalten werden können?
5. Welche Auswirkungen auf die Umwelt hat ein Ausfall der Schaltgerätekombination?



3 ArbeitnehmerInnenschutz und Verantwortung

3.1 Grundsätze

Neben den Schadensfolgekosten gibt es auch gewichtige Hinweise aus den Anforderungen des europäischen und nationalen Arbeitnehmer/innenschutzes, die es nahelegen, bei der Planung und Ausführung von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen über die in den anerkannten Regeln der Technik enthaltenen (Mindest-) Anforderungen hinauszugehen.

3.2 Sicherheit, Stand der Technik und Verantwortung

Schon in der Richtlinie der Europäischen Union aus dem Jahr 1989 (siehe [10], insbesondere Artikel 6 (2)) sind die allgemeinen Grundsätze für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer in Bezug auf alle Aspekte, die die Arbeit betreffen, als *Verpflichtung für den Arbeitgeber/innen* angegeben.

Es sind dies - neben anderen - vor allem:

1. Vermeidung von Risiken
2. Gefahrenbekämpfung an der Quelle
3. Berücksichtigung des Faktors „Mensch“ bei der Arbeit, insbesondere bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen sowie bei der Auswahl von Arbeitsmitteln und Arbeits- und Fertigungsverfahren, vor allem im Hinblick auf eine Erleichterung bei eintöniger Arbeit und bei maschinenbestimmtem Arbeitsrhythmus sowie auf eine Abschwächung ihrer gesundheitsschädigenden Auswirkungen
4. Berücksichtigung des Stands der Technik
5. Ausschaltung oder Verringerung von Gefahrenmomenten
6. Planung der Gefahrenverhütung mit dem Ziel einer kohärenten Verknüpfung von Technik, Arbeitsorganisation, Arbeitsbedingungen, sozialen Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz
7. Vorrang des kollektiven Gefahrenschutzes vor individuellem Gefahrenschutz

Punkt 4 in dieser Liste verweist eindeutig darauf, dass sich Arbeitgeber/innen in ihren Bemühungen zur Schaffung von sicheren Arbeitsbedingungen (Arbeitsplätzen) am neuesten *Stand der Technik* und der Erkenntnisse auf dem Gebiet der Arbeitsgestaltung orientieren müssen.

In praktisch jeder Arbeitsstelle ist von diesen Forderungen auch die Auslegung der elektrischen Niederspannungsanlage und damit auch die Gestaltung der Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen bzw. der in diesen verwendeten Komponenten betroffen. Auch dabei ist der *Stand der Technik* von den Arbeitgeber/innen zu beobachten, dies mit dem Ziel diesen *Stand der Technik* unter Berücksichtigung der bestehenden Gefahren auch umzusetzen.

Wichtig ist hier vor allem, dass der *Stand der Technik* im Sinne der Bestimmungen für die Arbeitnehmer/innensicherheit *nicht mit dem Stand der technischen Normung verwechselt werden darf*.

Diesem Umstand trägt z. B. das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz [9] dadurch Rechnung, dass es den Stand der Technik genau beschreibt.



Im § 2 (8) von [9] kann man lesen:

§ 2 (8) Stand der Technik

Stand der Technik im Sinne dieses Bundesgesetzes ist der auf einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt oder erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen heranzuziehen.

Der Stand der Technik wird in der Regel weiter fortgeschritten sein als die technische Normung. Dies macht im konkreten Fall der Planung, der Errichtung und im laufenden Betrieb von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen in jedem Fall Überlegungen der Arbeitgeber/innen notwendig, ob es nicht erforderlich ist, *über die in den anerkannten Regeln der Technik geforderten Anforderungen bei der Planung und Ausführung der elektrischen Anlage hinauszugehen*. Wie schon in Abschnitt 1.1 dargestellt, werden bei Erfüllung der Bestimmungen der technischen Normung nur die *schutztechnischen Minimalanforderungen* erfüllt. Ein Beispiel für Maßnahmen, die über diese Minimalanforderungen hinausgehen, sind Maßnahmen des Störlichtbogenschutzes, die in Abschnitt 3.3 angesprochen sind.

Diese Überlegungen zur sichern Gestaltung von Arbeitsplätzen gewinnen im Fall eines *Arbeitsunfalls* besondere Bedeutung. In vielen Ländern (auch in Österreich [11]) wird bei Bestehen eines Verdachts, dass der Arbeitsunfall auf ein schuldhaftes (vorsätzliches oder fahrlässiges) Verhalten des Arbeitgebers/der Arbeitgeberin zurückzuführen ist, ein Verwaltungsstrafverfahren eingeleitet. Unter bestimmten Umständen droht auch ein gerichtliches Strafverfahren, beispielsweise wegen fahrlässiger Tötung, welches zur Verhängung einer bedingten oder allenfalls unbedingten Freiheitsstrafe führen kann.

3.3 Störlichtbogen in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen

Ein Beispiel für eine Maßnahme, die sowohl zur Reduzierung möglicher Schadensfolgekosten als auch dem Arbeitnehmer/innenschutz dient, kann der Schutz vor den Auswirkungen von Störlichtbogen genannt werden.

Für Störlichtbogen, auch in Anlagen, die die Mindestanforderungen gemäß IEC 61439-Serie (auch gemäß der davor gültigen EN 60439-Serie) erfüllen, können nachstehende Zündursachen angegeben werden:

- Kondenswasserbildung (Feuchtigkeit in der Schaltgerätekombination)
- Verschmutzung in Form von Fremdbelägen auf Stromschienen und Teilen von Schaltgeräten
- Transiente Überspannungen infolge von Gewitter- bzw. Schaltüberspannungen
- Vorzeitige (unbemerkte) Alterung von Isolierwerkstoffen infolge sporadischer oder thermischer Überlastung
- Lockere oder lose Verbindungen, fehlerhafte Kontaktstellen
- Arbeiten an Teilen der Schaltanlage

Eine der möglichen Konsequenzen des Auftretens von Störlichtbogen ist die vollständige Zerstörung der Schaltgerätekombination.

Dabei wird das Stahlblechgehäuse, das durch den großen Innendruck von bis zu 15 - 25 t/m² auch für die Umgebung *und der dort befindlichen Personen* zu einer großen Gefahr. Nicht selten werden unter



dem Einfluss von Störlichtbogen Seitenwände, Türen, Einbaugeräte aus dem Gehäuse der Schaltgerätekombination herausgeschleudert.

Auf eine weitere mögliche Folge von Störlichtbogen, der Entstehung und Ausbreitung so genannter elektrisch gezündeter Brände kann hier nur hingewiesen werden.

Eine Untersuchung des GDV (zitiert in [4]) im Zeitraum der Jahre 1992 bis 2001 gibt „Elektrizität“ mit 24 % als häufigste Ursache von Großschäden an.

Maßnahmen, die die Auswirkungen von Störlichtbogen mindern können, sind in [12] bzw. [13] angegeben.

4 Zusammenfassung

Bei der Planung und Ausführung von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen und der aus diesen versorgten Niederspannungsanlagen ist es aus schutztechnischer Sicht in vielen Fällen notwendig zu untersuchen, ob die in den anerkannten Regeln der Technik angegebenen (Mindest-) Anforderungen für den tatsächlichen Betrieb ausreichen.

Diese Untersuchungen orientieren sich einerseits an der bei vollständigem oder teilweisem Ausfall dieser Anlagen an der Schadens-Unterbrechungsdauer-Funktion und den Wiederherstellungskosten für defekte Anlagenteile und andererseits an den (in vielen Fällen sogar gesetzlich vorgeschriebenen) Anforderungen an die ArbeitnehmerInnensicherheit und den damit verbundenen Haftungen der Arbeitgeber/innen.

5 Literaturhinweise

- [01] Junge, Hans-Dieter; Müller, German; Elektrotechnik; VCH Verlagsgesellschaft mbH., D-69451, Weinheim, 1994.
- [02] Finanzlexikon https://www.finanz-lexikon.de/geldeinheit_2784.html; abgerufen am 25.3.2015.
- [03] Hosemann, Gerhard; Aufgaben und Ziele der Schutztechnik; erschienen in: Forst Hans-Josef [Hrsg.]; Moderne Schutztechnik, VDE-Verlag GmbH., Berlin und Offenbach; 1988
- [04] Hageböling, V. [Hrsg.]; Technisches Risikomanagement, TÜV Media GmbH, Köln 2009
- [05] Chan, J. Y., Milanovic, J. V.; Methodology for Development of Customized Customer Damage Functions for Evaluation of Financial Losses due to Voltage Sags and Interruptions; Paper accepted for presentation at 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference, June 28th - July 2nd, Bucharest, Romania; IEEE 2009
- [06] Alvehag, Karin; Söder, Lennart., Comparison of cost models for estimating customer interruption costs; *Proceedings in Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)*; 2012.
- [07] Lenz, Ulrich; IT-Systeme: Ausfallsicherheit im Kostenvergleich; 2007; <http://www.cio.de/a/it-systeme-ausfallsicherheit-im-kostenvergleich,458076>; abgerufen am 25.03.2015

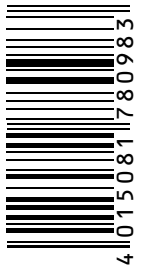


- [08] Antworten auf die Frage: „Wie hoch würden Sie ihren betrieblichen Schaden bei einem IT-Totalausfall bemessen, abhängig von der Dauer des Ausfalls?“ Studie des ECC, NEG, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Deutschland; Quelle: Statista GmbH, Johannes-Brahms-Platz 1, 20355 Hamburg, <http://de.statista.com/>; 2015
- [09] Republik Österreich; ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG; BGBl. Nr. 450/1994 vom 17.6.1994, idgF.
- [10] 89/391/EWG; Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit
- [11] Achatz, Bernhard; Welche rechtlichen Folgen kann ein Arbeitsunfall haben? https://www.wko.at/Content.Node/Service/Arbeitsrecht-und-Sozialrecht/Arbeitsrecht/Dienstverhinderung-und-Krankenstand/t/Welche_rechtlichen_Folgen_kann_ein_Arbeitsunfall_haben_.html, abgerufen am: 30.4.2015
- [12] ARCON - der blitzschnelle Airbag für Ihre Schaltanlage; Eaton GmbH, Wien.
- [13] IEC/TR 61641:2014, Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault

Eaton ist ein im Bereich des Energiemanagements tätiges Unternehmen, das 2014 einen Umsatz von 22,6 Mrd. US-Dollar erwirtschaftete. Eaton stellt seinen Kunden energieeffiziente Lösungen bereit, mit denen sie elektrische, hydraulische und mechanische Energie effektiver, effizienter, sicherer und nachhaltiger managen können. Eaton beschäftigt ca. 102.000 Mitarbeiter und verkauft Produkte an Kunden in mehr als 175 Ländern.

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.eaton.eu

Artikel Nummer 183166



Zusätzliche Kontaktinformationen
finden Sie unter
www.eaton.eu/electrical/customersupport

Eaton Industries (Austria) GmbH
Scheydgasse 42
1210 Wien
Austria

Eaton Industries Manufacturing GmbH
EMEA Headquarters
Route de la Longeraie
1110 Morges
Switzerland

© 2015 Eaton Industries (Austria) GmbH
Technische Änderungen, sowie
Satz- und Druckfehler vorbehalten
Printed in Austria (08/15)
Publikationsnummer

Grafik: SRA
DigiPics, Lithos:
Druck: