

A r b e i t s s c h u t z

K O N K R E T

Gefahren des elektrischen Stromes





Herausgeber:

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik

Gustav-Heinemann-Ufer 130 · 50968 Köln

15. Auflage 2005

GEFAHREN DES ELEKTRISCHEN STROMES

.....

DER INHALT

Einleitung		7
1	Welche Spannungen sind gefährlich?	10
1.1	Spannungshöhe	10
1.2	Stromart	12
2	Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?	14
2.1	Allgemeine Übersicht	14
2.2	Zeit-Stromstärke-Bereiche	16
2.2.1	Wirkungsbereiche für Wechselstrom	16
2.2.2	Wirkungsbereiche für Gleichstrom	19
2.3	Die Bereichsgrenze für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Herzkammerflimmern	21
2.4	Auswirkung großer Stromstärken über 1 A	24
2.5	Zusammenfassung der Einflussgrößen	24
3	Welche Personenkreise sind gefährdet?	28
3.1	Vorbemerkung	28
3.2	Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien	28
4	Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?	34
4.1	Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation	34
4.2	Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft	40
4.3	Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrolaien	47
5	Anhang	53

.....

EINLEITUNG

Im Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle werden seit über 30 Jahren gesonderte Fragebögen zu elektrischen Unfällen im industriellen und gewerblichen Bereich erfasst und ausgewertet. Nunmehr kann das Institut bei seinen Untersuchungen auf über 100.000 ausgewerteten Fragebogen zurückgreifen¹⁾.

Für eine Neuauflage dieser Broschüre gibt es zwei wichtige Gründe. Einerseits hat sich an der Tatsache gegenüber der ersten Auflage nichts geändert, dass mit einem relativ geringem organisatorischen und informatorischen Aufwand viele Stromunfälle vermieden werden könnten. Dies ist auch im Hinblick auf die leider bis zum heutigen Tage noch bestehende hohe Anzahl von tödlichen Stromunfällen im Vergleich zur Gesamtzahl der tödlichen Arbeitsunfälle weiterhin von Bedeutung.

Die Zahlen belegen, dass neben Laien, auch elektrotechnisch unterwiesenes Personal und Elektrofachkräfte Fehler bei der Einschätzung der Gefährdungssituation beim Umgang mit Elektrizität begehen. Das folgt aus der Tatsache, dass beim elektrischen Strom die Möglichkeit einer direkten unmittelbaren Erkennung, Wahrnehmung und Abschätzung der Gefahr nicht möglich ist. Folglich sollen mit dieser Broschüre gleichermaßen alle, vom Laien bis zur Elektrofachkraft, angesprochen werden.

„Mir kann nichts passieren. Ich bin Elektriker und weiß, wie ich mich richtig zu verhalten habe!“ Diese und sinngemäß gleiche Äußerungen werden von Elektrofachkräften (und jenen, die sich dafür halten) immer wieder getan und häufig bei gefahrenkennzeichnenden Einwendungen durch Dritte durch die Bemerkung ergänzt: „Na ja, bei Hochspannung sehen die Dinge anders aus, aber Nie-

¹⁾ Das Institut veröffentlicht seine Arbeitsergebnisse in gewissen Zeitabständen in technischen und medizinischen Berichten und in Informationsblättern, durch Beiträge in Fachzeitschriften und bei nationalen und internationalen Fachtagungen.

derspannung von 230 V kann mir nichts anhaben.“ Solche Redensarten und Denkweisen bringen Leichtsinn und mangelhaftes Fachwissen zum Ausdruck.

Ein Blick in die Unfallstatistiken der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, der Fachberufsgenossenschaft für den Elektrobereich, gibt einen ersten Hinweis auf die besondere Gefährdungssituation beim Arbeiten an elektrischen Anlagen und beim Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln. Vergleicht man die Gesamtzahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle mit der Zahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle durch elektrischen Strom, so ist festzustellen, dass Letztere einen Anteil von etwa 1 % am gesamten Unfallgeschehen aufweisen. Vergleicht man dagegen die Zahl der bei dieser Berufsgenossenschaft jährlich auftretenden tödlichen Betriebsunfälle mit der Zahl der tödlichen Unfälle durch elektrischen Strom, so ergibt sich, dass bei rund 45 % der tödlichen Unfälle der elektrische Strom die Ursache ist.

Dieser große Anteil an tödlichen Unfällen und die häufig schwerwiegenden Folgen bei Unfällen mit Verbrennungen durch Lichtbogeneinwirkung kennzeichnen die Besonderheit der Gefahren des elektrischen Stromes.

Auch die Betrachtung der Arbeitsunfälle im gesamten industriellen und gewerblichen Bereich macht diese Besonderheit weiterhin deutlich. Die Letalität – definiert als Anteil der tödlichen Unfälle an der jeweiligen Gesamtzahl von Unfällen einer bestimmten Art – beträgt bei den Arbeitsunfällen im engeren Sinne nur rund 1,5 ‰, beim Wegeunfall rund 6 ‰, beim Arbeitsunfall durch elektrischen Strom beträgt sie jedoch rund 25 ‰ oder 2,5 %. Dieser in seinem Ergebnis bestürzende Vergleich sollte stets mahnender Hinweis sein, die Gefährlichkeit des unsachgemäßen Umgangs mit der Elektrizität allgemein und insbesondere die Gefahren beim Einsatz

Einleitung

ungeeigneter und schlecht gewarteter elektrischer Anlagen und Betriebsmitteln nicht zu unterschätzen.

Die Gefährdungssituation beim Arbeiten an elektrischen Anlagen oder in ihrer Nähe und die Gefahren beim Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln sind von einer Reihe von Merkmalen der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel und der daran (oder damit) tätigen Personen abhängig; hierauf soll im Folgenden näher eingegangen werden.

1 WELCHE SPANNUNGEN SIND GEFÄHRLICH?....

1.1 Spannungshöhe

Die Größe der gefahrbringenden Spannung ist vom Stromfluss abhängig, der bei der Berührung unter Spannung stehender Teile im Unfallstromkreis zustande kommt. Der elektrische Strom folgt auch beim Unfall dem allen Elektrofachkräften bekannten Ohmschen Gesetz, nach dem die Stromstärke in einem Stromkreis von der angelegten Spannung und dem Widerstand des Stromkreises abhängt: Je größer die Spannung ist, desto größer ist auch die Stromstärke.

Jeder Stromfluss, der die Erträglichkeitsschwelle übersteigt, kann durch die damit verbundenen Schreckreaktionen und einen daraus resultierenden Sekundärnfall gefährlich (aber im Allgemeinen nicht lebensbedrohlich) sein. Auch vergleichsweise kleine Werte der Berührungsspannung weit unter dem Grenzwert von 50 V Wechselspannung (120 V Gleichspannung nach DIN VDE 0100 Teil 410) sind also im Hinblick auf die Unfallverursachung beachtenswert. Berührungsspannungen, die zur Durchströmung mit Stromstärken oberhalb der Loslassgrenze von etwa 10 mA führen, sind hierbei als besonders kritisch anzusehen. Bis etwa 50 V ist jedoch im Allgemeinen bei normalen Bedingungen kein lebensgefährlicher Stromfluss durch den menschlichen Körper zu erwarten.

Ab 50 V muss (entgegen der nicht seltenen Meinung angeblicher Fachleute) mit einem tödlichen Ausgang der Durchströmung gerechnet werden. Auch die Unfallstatistik belegt diese elektrophysiologisch bedingte Tatsache.

Tabelle 1 zeigt in dem nach unten offenen Spannungsintervall bis 130 V für den Erfassungszeitraum von 1985–1994 die bemerkenswerte Anzahl von 489 Stromunfällen.

Die Mehrzahl der Unfälle ereignet sich bei den üblichen Verbraucherspannungen von 230 V (gegen Erde) und 400 V (zwischen

1 Welche Spannungen sind gefährlich?

1.1 Spannungshöhe

Spannungshöhe	Anzahl der Unfälle	Anteil der Unfälle [%]	Anzahl der tödlichen Unfälle	Anteil der tödlichen Unfälle [%]	Letalität [%]
bis 130 V	489	3,0	0	0	0
> 130 V – 400 V	14.052	85,6	82	43,4	0,6
> 400 V – 1000 V	591	3,6	2	1,1	0,3
Niederspannung	15.132	92,2	84	44,5	0,6
> 1 kV – 20 kV	1.131	6,9	87	46,0	7,7
> 20 kV – 110 kV	132	0,8	16	8,4	12,1
> 110 kV – 400 kV	21	0,1	2	1,1	9,5
Hochspannung	1.284	7,8	105	55,5	8,2
Insgesamt	16.416	100	189	100	1,2

Tabella 1: Unfallauslösende Berührungsspannung^{*)}

zwei Außenleitern) – entsprechend der Häufigkeit der vorhandenen der Niederspannungsverteilungsanlagen und der Häufigkeit der elektrischen Verbrauchsmittel, wie Maschinen, Geräte und Apparate. Der Niederspannungsbereich über 130 V bis 400 V hat daher den größten Anteil von rund 86 % der Stromunfälle insgesamt und 43 % der tödlichen Elektrounfälle zu verzeichnen. Dies entspricht einer Letalität von 0,6 %.

Der Anteil der tödlichen Stromunfälle bei Niederspannung beträgt im Vergleich zur Gesamtzahl annähernd 45 %.

Bei den Hochspannungsunfällen, die insgesamt mit einem Anteil von 8 % am Unfallgeschehen beteiligt sind, entfällt die Mehrzahl auf den Bereich bis 20 kV (vorwiegend bedingt durch die Häufigkeit der in diesem Spannungsbereich vorhandenen installierten An-

^{*)} Die Unfalzzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.

Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

lagen und durch die Häufigkeit der an diesen Anlagen durchgeführten Arbeiten).

Auch die Mehrzahl der tödlichen Hochspannungsunfälle entfällt auf diesen Spannungsbereich, was einerseits ebenfalls als Folge der genannten Häufigkeiten, andererseits aber durch die konstruktiv gegebenen Abmaße der Anlagen mit einer vergleichsweise größeren Annäherungs- oder Berührungswahrscheinlichkeit bedingt ist.

Insgesamt gesehen ist die Letalität beim Hochspannungsunfall mit 8,2 % etwa 14-mal so groß wie beim Niederspannungsunfall.

1.2 Stromart

Die Mehrzahl der im Nieder- und Hochspannungsbereich installierten elektrischen Anlagen und Betriebsmittel wird mit Wechselstrom versorgt und betrieben. Gleichstrom findet vergleichsweise selten bei wenigen Technologien (beispielsweise im Bahnbetrieb oder bei Elektrofiltern) Einsatz. Dementsprechend ergibt sich eine unterschiedliche Häufigkeit der Unfälle bei den verschiedenen Stromarten (s. Tabelle 2).

Stromart Unfälle	Anzahl der Unfälle (tödl.)	Anteil (tödl.) [%]	Letalität
Wechselstrom	16.153 (192)	94,0 (97,0)	1,2
Gleichstrom	1.037 (6)	6,0 (3,0)	0,6
Insgesamt	17.190 (198)	100 (100)	1,2

Tabelle 2: Anzahl der elektrischen Unfälle in Abhängigkeit der Stromart^{*)}

^{*)} Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.

Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

1 Welche Spannungen sind gefährlich?

1.2 Stromart

Mit rund 94 % wird das Unfallgeschehen von Wechselstromunfällen bestimmt. 91 % sind Unfälle bei der Netzfrequenz von 50 Hz, 0,6 % bei der Bahnstromfrequenz von $16 \frac{2}{3}$ Hz und rund 1 % bei der Frequenz von über 50 Hz. Unfälle bei Gleichstrom haben im Niederspannungs- und im Hochspannungsbereich jeweils einen Anteil von nur 6 %. Tödliche Gleichstromunfälle sind vergleichsweise selten. Ihr Anteil an der Gesamtzahl der tödlichen Stromunfälle liegt bei 3 %. Die Letalität beträgt nur 0,6 %; dieser vergleichsweise kleine Wert resultiert in erster Linie aus elektrophysiologischen Gegebenheiten (die die Problematik der Wahrscheinlichkeit des Kontaktierungszeitpunktes relativ zur Herzschlagfolge mit einschließen); aber auch die vergleichsweise geringe Häufigkeit großer Betriebsspannungswerte bei mit Gleichstrom betriebenen elektrischen Anlagen spielt eine Rolle.

2 WELCHE WIRKUNGEN HAT DER ELEKTRISCHE STROM AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER?

2.1 Allgemeine Übersicht

Je nach Art des Zustandekommens des Stromunfalles können folgende direkt oder mittelbar schädigende Auswirkungen des elektrischen Stromes auftreten:

Beim Durchströmungsunfall sind – vor allem im Niederspannungsbereich – die schädigenden Auswirkungen des Stromes auf seine spezifische Reizwirkung auf erregbare Gewebe (Nerven, Muskeln, Herz) zurückzuführen. Bekanntlich sind alle Funktionsabläufe im menschlichen Körper (willkürliche und unwillkürliche) – beginnend mit der Aufnahme von Reizen bei der Sinneswahrnehmung über die Reizleitung und Reizverarbeitung in Erregungsabläufen bis hin zur Befehlsausführung in Muskeln physikalisch-chemische Vorgänge bioelektrischer Natur. Sie werden über das sehr komplizierte Nervensystem in voneinander abhängigen Regelmechanismen über körpereigene Stromimpulse gesteuert. Von außen aufgeprägte körperfremde Ströme sind, sofern sie gewisse Stromstärkewerte überschreiten, in der Lage, diese Funktionsabläufe zu stören.

Bei lang andauernder Stromeinwirkung und bei starken Strömen, wie sie insbesondere beim Hochspannungsunfall durch den Körper fließen können, kann es infolge der Stromwärme, die im Körper längs der Strombahnen entsteht (ähnlich wie in der Heizwendel eines Elektrowärmeegerätes), auch zu thermischen Schädigungen des Körpers durch innere Verbrennungen kommen.

Bei Unfällen durch Lichtbogeneinwirkung treten vor allem äußere thermische Schädigungen auf. Hier handelt es sich – sofern nicht gleichzeitig auch eine Durchströmung stattfindet – um ganz ähnliche Schädigungen des Körpers, wie sie bei einem Verbrennungsunfall durch offenes Feuer entstehen.

Bei einer Durchströmung mit einem für den Körper physiologisch an sich noch ungefährlichen Stromfluss kommt es häufig zu Reflexen

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.1 Allgemeine Übersicht

und unkontrollierten Bewegungen des Verunglückenden, die dann einen Sekundär Unfall (Sturz von der Leiter, Abrutschen der Hand und Hineingreifen in sich bewegende Maschinenteile oder Prelungen durch heftige Reflexbewegungen) nach sich ziehen können.

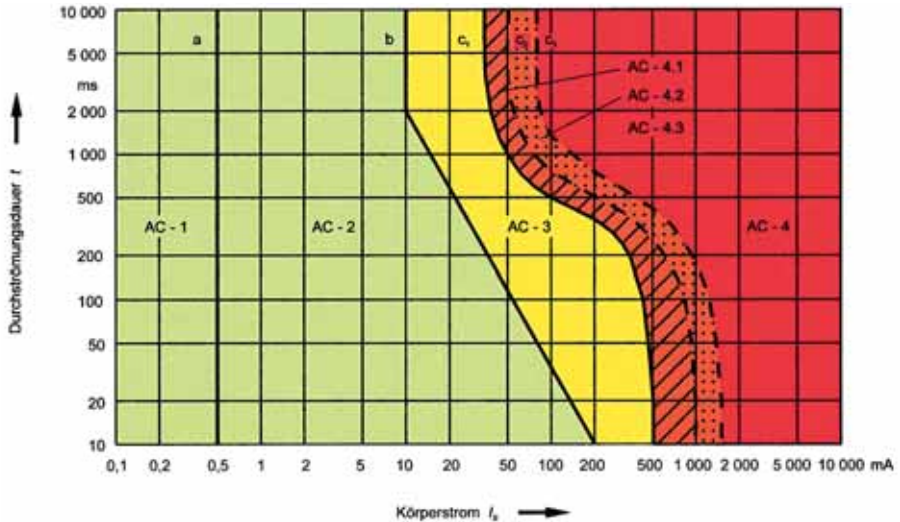
Wesentlich für die Folgen des Stromunfalles ist die Stromstärke des durch den Körper des Verunglückenden fließenden Stromes.

Zu einer pessimal überschlägigen Ermittlung dieses Stromes kann der Körperwiderstand – gemessen jeweils zwischen den Extremitäten – mit etwa 1.000 Ohm angesetzt werden (z.B. bei einer Durchströmung von Hand zu Hand oder von Hand zu Fuß).

Dies bedeutet, dass bei der Überbrückung der üblichen Verbraucherspannung von 230 V gegen Erde gemäß dem Ohmschen Gesetz $I = U/R$ bei den oben genannten Stromwegen ein Strom von 230 mA durch den Körper des Verunglückenden fließen kann. Meist wird sich durch die im Unfallstromkreis noch wirksamen Widerstände des Fußbodens und der Schuhe des Verunglückten und durch den anfänglich sehr hohen Hautwiderstand sich – zumindest anfangs – ein kleinerer Strom einstellen, der diesen pessimalen Wert noch weit unterschreitet. Trotzdem sollte dem Leser dieser Wert von 230 mA als Richtwert der Stromstärke für die mögliche Gefährdung beim Niederspannungsunfall zur Risikoeinschätzung bewusst bleiben.

Die physiologischen Wirkungen des Stromes auf den menschlichen Körper sind nun aber nicht nur von der Größe der Stromstärke, sondern u.a. auch wesentlich von der Dauer der Stromeinwirkung abhängig. Zwischen der Größe des für den menschlichen Körper noch ungefährlichen Stromes und der Dauer seiner Einwirkung besteht eine nichtlineare Beziehung. Bei kurzen Einwirkzeiten bleiben vergleichsweise größere Stromstärken ohne schädliche Auswirkung als

bei längerer Einwirkdauer. Die Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit für Wechselströme im Frequenzbereich von 15 Hz bis 100 Hz ist in den abgebildeten Diagrammen dargestellt, die der DIN V VDE V 0140-479 entnommen sind, die derzeit in der Ausgabe Februar 1996 vorliegt.



Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit der Auswirkungen von Wechselstrom im Frequenzbereich von 15 Hz bis 100 Hz (DIN V VDE V 0140-479 [02/96])

2.2 Zeit-Stromstärke-Bereiche

2.2.1 Wirkungsbereiche für Wechselstrom

In dem Zeit-Stromstärke-Diagramm für Wechselstrom sind in doppelt-logarithmischem Maßstab vier Bereiche unterschiedlicher Auswirkungen gekennzeichnet.

Bis zu einer Stromstärke von 0,5 mA (Bereich AC-1) sind auch bei beliebig langer Einwirkdauer des Stromes keinerlei Auswirkungen und Reaktionen bis hin zur Wahrnehmbarkeitsschwelle (oder Empfindungsschwelle) zu erwarten. Die Empfindungsschwelle hängt

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.2 Zeit-Stromstärke-Bereiche

von mehreren Parametern ab, so z.B. von dem Bereich der Körperoberfläche, die mit unter Spannung stehenden Teilen in Kontakt gerät, von der Art des Kontaktes und dem Zustand der Stromübergangsstelle (Feuchtigkeit, Temperatur) und auch von individuellen physiologischen Eigenschaften der berührenden Person.

Bei Stromstärkewerten bis zu etwa 10 mA unterhalb der Loslassgrenze können Schreckreaktionen zu Sekundärunfällen infolge Sturz oder Fall führen, denn bereits Ströme mit Stromstärken ab 2 mA werden von jedem Menschen mit mehr oder weniger unangenehmen Empfindungen wahrgenommen. In diesem Bereich AC-2, der sich bei kurzen Einwirkzeiten des Stromes zu größeren Stromstärkewerten aufweitet, wäre theoretisch eine beliebig lange Einwirkdauer noch ungefährlich. Oberhalb der sogenannten Loslassgrenze, die im Mittelwert bei etwa 10 mA liegt, führen die Ströme jedoch zu einer Muskelverkrampfung, wobei – wenn auch die Brustmuskulatur davon betroffen ist – bei längerer Einwirkung des Stromes Atemlähmung und als Folge davon Bewusstlosigkeit auftritt. Wenn nach elektrischen Unfällen vielfach vom „Hängenbleiben oder Klebenbleiben am Strom“ gesprochen wird, so hat diese Erscheinung in der Muskelverkrampfung bei Überschreitung der Loslassgrenze ihre Ursache.

Im Bereich AC-2 sind also normalerweise keine schädlichen physiologischen Auswirkungen bis zur Loslassgrenze zu erwarten. Auch die Loslassgrenze hängt im Wesentlichen von den gleichen Parametern wie die Empfindungsschwelle ab, zusätzlich jedoch auch von der Größe und der Konfiguration der berührten unter Spannung stehenden Teile.

Im Bereich AC-3, der durch die einfach und die doppelt gekrümmte Kurve eingeschlossen wird, sind normalerweise keine organischen Schäden zu erwarten. Mit zunehmender Stromstärke und

Zeitdauer der Einwirkung werden jedoch reversible Störungen der Reizbildung und Reizleitung des Herzens möglich, die auch das so genannte Vorhofflimmern und den vorübergehenden Herzstillstand beinhalten; sie führen im Allgemeinen jedoch noch nicht zum Herzkammerflimmern. Im Bereich lang andauernder Stromeinwirkung bei Stromstärken oberhalb der Loslassgrenze kommt es jedoch zu Muskelkontraktionen und zu Atemschwierigkeiten.

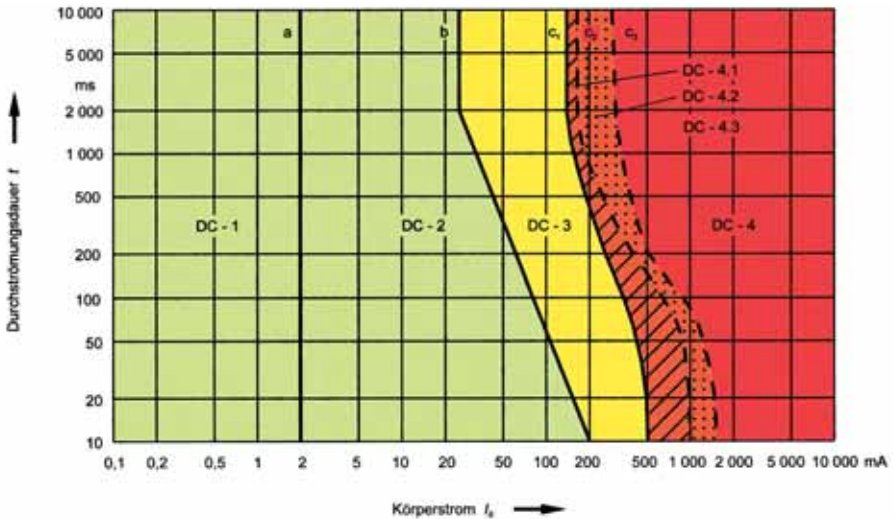
Im Bereich AC-4, der sich von der doppelt gekrümmten Kurve links begrenzt nach rechts zu großen Stromstärkewerten hin ausdehnt, tritt mit großer Wahrscheinlichkeit Herzkammerflimmern auf. Mit zunehmender Stromstärke und Dauer der Einwirkung des Stromes treten pathophysiologischen Auswirkungen wie Herzstillstand, Atemstillstand und schwere (innere) Verbrennungen auf, zusätzlich zu den für den Bereich 3 beschriebenen Auswirkungen.

Für die Ströme mit Frequenzen oberhalb der Netzfrequenz von 50 Hz nehmen die Wahrnehmbarkeitsschwelle, die Loslassgrenze und die Grenze für das Auftreten von Kammerflimmern relativ stark zu. Für die Schwellen der Wahrnehmbarkeit und der Loslassstromstärke liegen Untersuchungsergebnisse bis zu Frequenzen von 10 kHz vor, für die flimmerauslösenden Stromstärken sind Untersuchungsergebnisse nur bis zu einer Frequenz von 1 kHz bekannt.

Für Frequenzen oberhalb von 10 kHz entfällt die spezifische Reizwirkung der Ströme auf erregbare Gewebe, und die rein thermische Wirkung tritt in den Vordergrund.

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.2 Zeit-Stromstärke-Bereiche



*Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit der Auswirkungen von Gleichstrom
(DIN V VDE V 0140-479 [02/96])*

2.2.2 Wirkungsbereiche für Gleichstrom

Bei Gleichstrom entspricht die Grenze für das Auftreten von Herzkammerflimmern bei kurzzeitiger Durchströmung (bis zu 200 ms) etwa der des Wechselstroms. Bei länger dauernder Durchströmung wird die Gefährdungsgrenze bei Gleichstrom etwa erst beim dreifachen Wert der Grenze des Wechselstroms erreicht (diese Angabe sollte jedoch nicht zum Leichtsinns beim Umgang mit Gleichspannungsanlagen verleiten, da die thermische Wirkungen bei der Auslösung von Lichtbogen bei Gleichstrom wesentlich stärker sind).

- Bereich DC-1 in der Regel keine Reaktion
- Bereich DC-2 in der Regel keine pathophysiologisch gefährliche Wirkung
- Bereich DC-3 in der Regel keine organischen Schäden
Mit steigender Stromstärke und Einwirkungsdauer

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.2 Zeit-Stromstärke-Bereiche

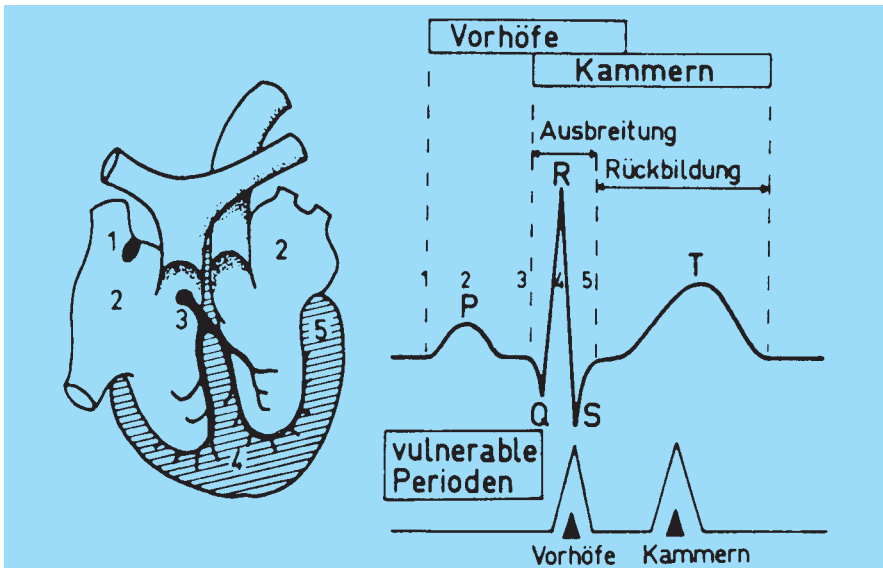
sind reversible Störungen der Reizleitung im Herzen möglich.

Bereich DC-4 Herzkammerflimmern wahrscheinlich

Mit steigender Stromstärke und Einwirkungsdauer können weitere pathophysiologische Effekte wie schwere Verbrennungen zusätzlich zu den in Bereich DC-3 genannten Wirkungen auftreten.

Bei Bereichsgrenze zwischen den Bereichen DC-2 und DC-3 ist für Zeiten unter 500 ms nicht bekannt.

Die Kurven C_1 bis C_3 gelten für Längsdurchströmung und aufsteigenden Strom (Füße positiv).



Zeitliche Beziehungen der vulnerablen Perioden der Vorhöfe und der Herzkammern zum EKG. Die Zahlen bezeichnen die aufeinander folgenden Etappen der Erregungsausbreitung (nach H. Antoni 1977, 1981).

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

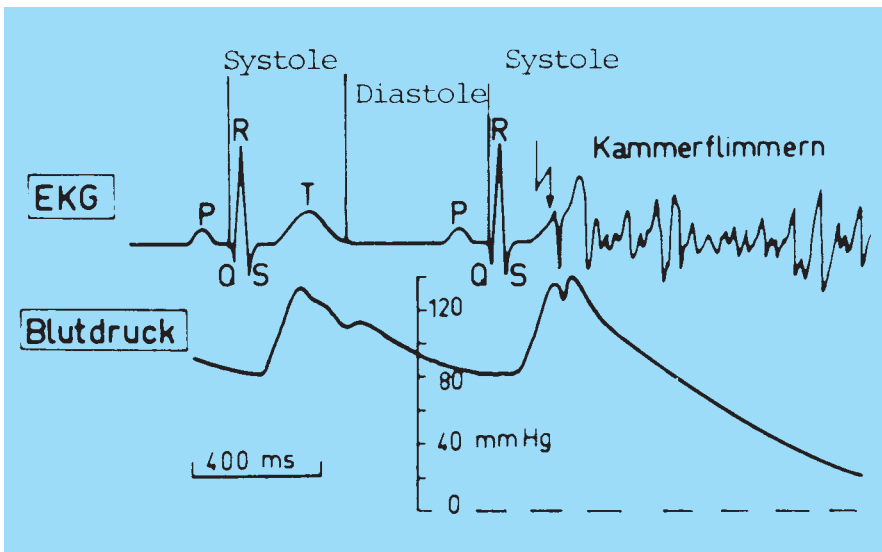
2.3 Die Bereichsgrenze für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens

von Herzkammerflimmern

2.3 Die Bereichsgrenze für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Herzkammerflimmern

Zum Verlauf der wechselnd gekrümmten Kurve der Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit lässt sich unter Beachtung der Funktionsabläufe im Herzen im Einzelnen Folgendes sagen:

- Bei sehr kurzer Einwirkdauer unterhalb von 100 ms kann je nach Einschaltzeitpunkt des Stromes der gleiche Strom überhaupt keine Wirkung zeigen, also ineffektiv bleiben oder, wenn er in die so genannte vulnerable Phase (aufsteigender Bereich der T-Welle) des Elektrokardiogramms fällt, Flimmern erzeugen.
- Bei einer Einwirkdauer in der Größenordnung des Kammerkomplexes des Elektrokardiogramms (Systole des EKG), beim Menschen entspricht das eine Einwirkdauer von 300 ms bis 400 ms, kann bei ausreichender Stromstärke grundsätz-



Auslösung von Herzkammerflimmern in der vulnerablen Periode. Auswirkungen auf das EKG und den Blutdruck (nach H. Antoni 1977, 1981).

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.3 Die Bereichsgrenze für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens
..... von Herzkammerflimmern

lich Kammerflimmern entstehen. Beginnt der Strom während der Kammererregung, kann Flimmern nur in der vulnerablen Phase der Normalerregung entstehen, und hierzu muss der Strom relativ groß sein; beginnt der Strom dagegen in der Diastole (das ist die Entspannungs- und Füllungsphase des Herzens), so löst er zunächst eine Extrasystole (einen zusätzlichen arrhythmischen Extraschlag des Herzens) aus und führt dann in deren vulnerabler Phase zum Kammerflimmern, wobei hier bereits kleinere Ströme wirkungsvoll sind.

- Bei langer Einwirkdauer über 600 ms spielt der Einschaltzeitpunkt des Stromes praktisch keine Rolle mehr. Der Strom fließt auf jeden Fall lange genug, um in der Diastole eine Extrasystole auszulösen und in deren vulnerabler Phase dann Flimmern zu erzeugen. Mit länger werdender Einwirkdauer können u.U. auch mehrere Extrasystolen ausgelöst werden und damit kann die Flimmerschwelle weiter absinken.

Beim Herzkammerflimmern kommt es zu völlig ungeordneten, örtlich und zeitlich unkoordinierten Zusammenziehungen der einzelnen Herzmuskelfasern. Der normale rhythmische Herzschlag geht durch schnell aufeinander folgende Kontraktionen in ein ungeordnetes Fibrillieren der Herzmuskelabschnitte über (bei der Beobachtung eines freiliegenden Herzens entsteht der Eindruck, als wenn die Oberfläche flimmern würde). Im Zustand des Kammerflimmerns entfällt die Pumpwirkung des Herzens. Das Herz kann kein Blut mehr fördern. Es kommt zum Kreislaufstillstand; mit Versagen des Blutkreislaufes entfällt der Sauerstofftransport zu den Körperzellen. Wichtige Steuer- und Überwachungszentren des Gehirns, die entscheidend für die Lebensfähigkeit des Körpers sind, können einen Sauerstoffmangel nur wenige Minuten (unter normalen Bedingungen 3 min bis maximal 5 min) ertragen, ohne dass es zu irreversiblen Schädigungen oder gegebenenfalls zum Tode kommt.

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.3 Die Bereichsgrenze für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Herzkammerflimmern

Wichtig ist es daher, dass nach Eintritt eines elektrischen Unfalles geeignete Wiederbelebensmaßnahmen sofort eingeleitet werden. Wenn mehrere Helfer zur Verfügung stehen, wäre es falsch, in solchen Fällen ohne Erste-Hilfe-Leistung zunächst nach einem Rettungstransportwagen oder Krankenwagen zu rufen, den nächsten Vorgesetzten zu benachrichtigen oder auf andere Weise kostbare Zeit zu verlieren ohne Erste-Hilfe zu leisten. Sofern ein AED-Gerät (automatischer externer Defibrillator) sowie dafür geschulte Helfer zur Verfügung stehen, können durch die Anwendung eines solchen Gerätes die Überlebenschancen stark verbessert werden.

Ohne Gegenmaßnahme sinken die Überlebenschancen beim Herzkreislaufstillstand mit jeder Minute um ca. 10 %. Die Meldung sollte sofort durch Dritte veranlasst oder vorgenommen werden, und ein Helfer sollte sofort mit der Wiederbelebung durch Atemspende und durch äußere Herzmassage beginnen. Geeignete Maßnahmen zu Herz-Lungenwiederbelebung müssen so lange fortgeführt werden, bis der Erfolg eintritt und



Die richtige Platzierung der Elektroden wird durch eine Skizze auf den Elektroden erleichtert.

bestehen bleibt, oder bis ein Arzt an der Unfallstelle zur Verfügung steht, der die weitere Reanimation übernehmen kann. Auch beim Transport des Verunglückten in ein Krankenhaus, der in der Regel mit dem Rettungswagen erfolgen wird, sind die Erste-Hilfe-Maßnahmen situationsgerecht fortzusetzen (weitere Informationen s. Broschüre Erste Hilfe mit Sonderteil „Stromunfall“).

2.4 Auswirkung großer Stromstärken über 1 A

Bei großen Strömen über 1 A Bereich AC-4, also rechts der wechselnd gekrümmten Kurve im Diagramm für Wechselströme) ist Herzkammerflimmern im Allgemeinen nicht zu erwarten. Die großen Ströme führen zu einer relativ homogenen Stromdichteverteilung im Herzen, die eine Inhomogenität des so genannten Refraktärvorganges nicht zulässt, sondern sich insgesamt synchronisierend auswirkt. Während der meist sehr kurzzeitigen Durchströmung wird die normale Herzschlagfolge jedoch unterbrochen; es tritt während der Durchströmung spontan Herzstillstand auf, der gelegentlich auch nach Beendigung der Durchströmung bestehen bleiben kann und damit zum Tode führt. Im Allgemeinen treten aber – bei zunächst nicht tödlichem Ausgang – die thermischen Wirkungen des elektrischen Stromes infolge der im Körper entstehenden Stromwärme in den Vordergrund.

Durchströmungen mit großen Strömen im Bereich einiger Ampere treten im Allgemeinen nur bei Hochspannungsunfällen auf. Sie sind häufig mit der Einwirkung von Lichtbogen auf den Körper verbunden, so dass es neben der Durchströmung des Körpers zu äußeren Verbrennungen kommt. Als Folge schwerer äußerer und innerer Verbrennungen kann ein schwerer Nierenschaden und dadurch gegebenenfalls der „Spättod“ eintreten. Es ist daher charakteristisch für Hochspannungsunfälle mit schweren Verbrennungen, dass die Betroffenen den Unfall meist überleben und erst nach etwa drei Tagen, vielfach aber auch erst nach ein bis zwei Wochen infolge der erlittenen Verbrennungen und den damit verbundenen thermischen Schädigungen des Körpergewebes zu Tode kommen.

2.5 Zusammenfassung der Einflussgrößen

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, sind die Folgen eines elektrischen Unfalles – primär oder sekundär – im Wesentlichen bei Körperdurchströmung abhängig von der Stromstär-

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.5 Zusammenfassung der Einflussgrößen

ke des durch den Körper des Verunglückenden fließenden Stromes (sie resultiert nach dem Ohmschen Gesetz aus der Größe der berührten Spannung und dem Wert des Widerstandes des Unfallstromkreises), von dem Stromweg im Körper des Betroffenen und von der Dauer der Durchströmung.

Außerdem sind die Frequenz und die Kurvenform des einwirkenden Stromes und der körperliche Zustand des Verunglückenden von gewissem Einfluss (andere Stromformen und Frequenzen schädigen aber nie stärker als Wechselstrom von 50 Hz).

Bei Lichtbogeneinwirkung sind die Unfallfolgen abhängig von der Dauer und der Intensität der Hitzeeinwirkung (primär also von der Dauer und Größe des verursachten Kurzschluss- oder Erdschlussstromes).

Alle Parameter, die bei Durchströmungsunfällen für die Auswirkung des Stromes auf den Organismus wesentlich sind, werden eingehend in der Neufassung der DIN V VDE 0140-479 (02/96) „Auswirkungen der Durchströmung des menschlichen Körpers“ abgehandelt. Detailliertere Angaben finden sich auch in der Literatur, von der hier das 1982 im Springer-Verlag erschienene Buch „Der Elektrounfall“ von K. Brinkmann und H. Schaefer und das „Lehrbuch der Elektropathologie“ von G. Biegelmeier (VDE-Verlag 1986) erwähnt seien.

Für die Praxis der Unfalluntersuchung ist die Frequenzabhängigkeit der Flimmerschwelle und der sonstigen Auswirkungen des elektrischen Stromes wesentlich (aufgrund der relativ weiten Verbreitung technologischer Verfahren, die höhere oder niedrigere Frequenzen als die Netzfrequenz und insbesondere Gleichstrom bei Steuer- und Regelproblemen benutzen). Ströme im Frequenzbereich um 50 Hz (in dem die Frequenz der üblichen Verbraucherspannungen liegt) sind für das Auslösen von Herzkammerflimmern besonders kritisch;

in diesem Frequenzbereich liegt der Minimalwert der Schwelle für das Auftreten von Herzkammerflimmern. Ströme niedriger und höherer Frequenz als 50 Hz führen erst bei größeren Stromstärkewerten zu Kammerflimmern. Bei der Frequenz null, also bei Gleichstrom, entspricht die Grenze für das Auftreten von Herzkammerflimmern bei kurzzeitiger Durchströmung (bis zu 200 ms) etwa der des Wechselstroms, wenn man die Spitzenwerte betrachtet. Bei länger dauernder Durchströmung wird die Gefährdungsgrenze bei Gleichstrom etwa erst beim zwei- bis dreifachen Wert der Grenze des Wechselstroms erreicht (diese Angabe sollte jedoch nicht zum Leichtsinn beim Umgang mit Gleichspannungsanlagen verleiten, da die thermischen Wirkungen bei der Auslösung von Lichtbogen bei Gleichstrom wesentlich stärker sind).

Für Ströme mit Frequenzen oberhalb der Netzfrequenz von 50 Hz nehmen die Wahrnehmbarkeitsschwelle, die Loslassgrenze und die Grenze für das Auftreten von Kammerflimmern relativ stark zu. Für die Schwellen der Wahrnehmbarkeit und der Loslassstromstärke liegen Untersuchungsergebnisse bis zu Frequenzen von 10 kHz vor, für die flimmerauslösenden Stromstärken sind Untersuchungsergebnisse bis zu einer Frequenz von 1 kHz bekannt.

Für Frequenzen oberhalb von 10 kHz entfällt die spezifische Reizwirkung der Ströme auf erregbare Gewebe, und die rein thermische Wirkung tritt in den Vordergrund.

Die körperliche Verfassung der Verunglückten (Kondition und Konstitution) kann insbesondere bei schweren Unfällen (Durchströmung und Lichtbogeneinwirkung) eine nicht unwesentliche Rolle hinsichtlich der Unfallfolgen spielen. Auch bei „leichteren“ Durchströmungen mit Stromstärken der Bereiche AC-2 und AC-3 (DC-2 und DC-3) können Kondition und Konstitution für die Unfallfolgen von Bedeutung sein. Eine weitere sehr wesentliche Einflussgröße im

2 Welche Wirkungen hat der elektrische Strom auf den menschlichen Körper?

2.5 Zusammenfassung der Einflussgrößen

Hinblick auf die Auswirkung einer Durchströmung ist der so genannte Übergangswiderstand im Unfallstromkreis. Zum Übergangswiderstand zählen im Allgemeinen die Widerstandswerte des am Unfallort vorhandenen Fußbodens und der vom Verunglückten getragenen, im Stromweg liegenden Kleidungsstücke, insbesondere die der Schuhe. Die Übergangswiderstände variieren stark. Sie können – je nach Art und Zustand der Materialien – Werte zwischen etwa 100 Ohm und einigen 10.000 Ohm haben.

Die Art und der Zustand der zufällig am Unfallort zum Unfallzeitpunkt vorhandenen Materialien, die die Übergangswiderstände bilden, sind insbesondere im Niederspannungsbereich letztlich ausschlaggebend dafür, ob ein Unfall nur Bagatellunfall ist, schwere Folgen hat oder tödlich verläuft.

3 WELCHE PERSONENKREISE SIND GEFÄHRDET?

3.1 Vorbemerkung

Heutzutage weisen praktisch alle elektrischen Anlagen und Betriebsmittel technische Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren und zum Schutz bei indirektem Berühren auf. Der Anwender elektrischer Energie wird bei bestimmungsgemäßer Nutzung, Benutzung und Handhabung von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen durch diese konstruktiv vorgesehenen technischen Maßnahmen zuverlässig vor gefährlicher Stromeinwirkung geschützt. Trotzdem entstehen Stromunfälle beim Umgang mit elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln oder bei Arbeiten in der Nähe solcher Anlagen und Betriebsmittel, die betriebsmäßig unter Spannung stehen. Vom Unfall betroffen sind sowohl Elektrofachkräfte als auch Elektrolaien. Da hinsichtlich der Voraussetzungen für ein sicherheitsgerechtes Verhalten zwischen diesen beiden Qualifikationsgruppen grundsätzliche Unterschiede bestehen, die sich auch im Unfallgeschehen abzeichnen, wird im Folgenden hierauf besonders eingegangen. Diese Unterschiede im sicherheitsgerechten Verhalten sind in erster Linie begründet in der unterschiedlichen Möglichkeit, die Gefährdung durch elektrischen Strom richtig einzuschätzen; es bestehen Unterschiede im Kenntnisstand über mögliche Risiken und selbstverständlich im elektrotechnischen Fachwissen. Außerdem ergeben sich Unterschiede im Unfallgeschehen, die in den unterschiedlichen Tätigkeitsanforderungen bei unterschiedlicher Arbeitssituation mit grundsätzlich meist unterschiedlicher Gefährdungsmöglichkeit ihren Grund haben.

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien

Die unterschiedliche Gefährdungssituation zeichnet sich auch deutlich in der Unfallstatistik (Tabelle 3) ab.

Mit 68 % entfällt der überwiegende Teil der Unfälle auf Beschäftigte elektrotechnischer Berufe und hierbei in erster Linie auf die

3 Welche Personenkreise sind gefährdet?

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektroaien

Gruppe der Elektromonteure und Schaltwärter, die als Elektrofachkräfte „vor Ort“ am häufigsten Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen haben.

Berufsgruppen/ Stellung im Betrieb	Anzahl der Unfälle (tödl.)	Anteil (tödl.) [%]	Letalität [%]
Elektrotechnische Berufe			
Betriebsleiter, Ingenieure, Meister	1.234 (15)	7,0 (7,5)	1,2
Obermonteure	962 (23)	5,5 (11,5)	2,4
Monteure, Schaltwärter	7.875 (83)	44,8 (41,5)	1,1
Angelernte und unterwiesene Personen	351 (5)	2,0 (2,5)	1,4
Auszubildende	1.499 (2)	8,5 (1,0)	0,1
Zählerableser, Zählermonteure	34 (0)	0,2 (0)	0
Sonstige und keine Angabe	38 (0)	0,2 (0)	0
Elektrotechnische Berufe insgesamt	11.993 (128)	68,2 (64,0)	1,1
Nichtelektrotechnische Berufe			
Betriebsleiter, Ingenieure, Meister	307 (9)	1,7 (4,2)	2,9
Obermonteure, Poliere	316 (5)	1,8 (2,5)	1,6
Facharbeiter	2.670 (35)	15,2 (17,5)	1,3
Hilfsarbeiter	1.817 (18)	10,3 (9,0)	1,0
Auszubildende	399 (3)	2,3 (1,5)	0,8
Sonstige	77 (2)	0,4 (1,0)	2,6
Nichtelektrotechnische Berufe insges.	5.586 (72)	31,8 (36,0)	1,3
Berufsgruppen insgesamt	17.579 (200)	100 (100)	1,1

Tabelle 3: Elektrische Unfälle nach Berufsgruppe/Stellung im Betrieb^{)}*

Der hohe Anteil dieser Beschäftigten erscheint jedoch besonders bemerkenswert, da diese Gruppe die mögliche Gefährdung durch den elektrischen Strom genau kennt und damit auf die Einhaltung der Vorschriften für die Arbeitssicherheit besonders bedacht sein sollte. Auch die Angehörigen des Führungspersonals aus dem Bereich der elektrotechnischen Berufe haben mit zusammen 2.196

^{*)} Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.

Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

3 Welche Personenkreise sind gefährdet?

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien



Zähleranlaufprüfung an einem Drehstromzähler



*Einlegen der Erdungs- und Kurzschließvorrichtung
in einer Mittelspannungsschaltzelle*

Unfällen (davon 38 mit tödlichem Ausgang) einen relativ hohen Anteil am gesamten Unfallgeschehen, und ihre Unfälle weisen mit 1,7 % eine vergleichsweise große Letalität auf. Dieser Sachverhalt deutet an, dass die Gewöhnung an eine Gefahren in sich bergende Tätigkeit offenbar zu einer Abstumpfung gegenüber der Gefahr und damit zum Außerachtlassen von an sich leicht zu befolgenden Sicherheitsvorschriften führt. Die weitere Auswertung der Unfall-

3 Welche Personenkreise sind gefährdet?

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien

unterlagen hat ergeben, dass über 42 % der insgesamt erfassten Unfälle (auch der tödlichen) beim Arbeiten in und an elektrischen Anlagen entstanden sind. Es sind also Personen betroffen, die mit der Installation oder Wartung elektrischer Anlagen beschäftigt sind. Die Ursachen für diese Unfälle sind nur zu einem geringen Maße in unzureichender Ausstattung oder mangelnder Pflege der Anlagen zu sehen. Es kommt vielmehr zu schweren, folgenreichen Unfällen, weil eindeutig und klar formulierte Verhaltensvorschriften nicht beachtet werden. Die Verhaltensfehler sind – weitgehend unabhängig von der Stellung der Beschäftigten im Betrieb – die berufsspezifischen Unfallursachen der Elektrofachkräfte.

Betrachtet man die nichtelektrotechnischen Berufe, so haben weitere Untersuchungen ergeben, dass das Unfallgeschehen gleichermaßen durch Facharbeiter und angelernte Mitarbeiter bestimmt wird. Hinsichtlich der Verhaltensfehler der Elektrolaien bilden die angelernten Arbeiter diejenige Personengruppe, bei der Verhaltensfehler vorwiegend unfallursächlich sind. Ihre Unfallzahlen sind signifikant größer als erwartet, so dass hier besonders die mangelnde Information über Grundsätze im sicheren Umgang mit der Elektrizität evident wird.

Elektrofachkräfte verunglückten im Niederspannungsbereich hauptsächlich bei Arbeiten an Betriebsmitteln zur Verteilung der elektrischen Energie, an Niederspannungsverteilungen, an Sicherungen und Schaltern in Verteilungen und an Hausanschlusskästen.



Bei Elektrolaien führt in erster **Arbeiten unter Spannung an einer Niederspannungsfreileitung**

3 Welche Personenkreise sind gefährdet?

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien

scher Verbrauchsmittel, wie der Umgang mit elektromotorischen Geräten und Elektrowerkzeugen, zum Unfall und vor allem die (in der Regel) unbefugte vorgenommene Arbeiten an elektrischen

Betriebsmittel (Unfallstelle)	Niederspannungsunfälle	
	Elektrofachkräfte Anzahl	Elektrolaien Anzahl
Niederspannungsverteilungen	2.949 (18)	212 (3)
Hausanschlusskästen	997 (3)	21 (0)
Sicherungen in Verteilungen	319 (0)	30 (0)
Schalter in Verteilungen	286 (0)	32 (0)
Feste Installation	1.254 (6)	343 (0)
Elektrische Ausrüstungen von Maschinen aller Art	810 (2)	1.442 (5)
Elektromotorische Geräte	308 (0)	444 (0)
Elektrowerkzeuge	99 (0)	323 (2)
Gesamtzahl (incl. Sonstige)	10.843 (59)	4.888 (32)

Tabelle 4: Häufigkeitsschwerpunkte der unfallbeteiligten elektrischen Betriebsmittel im Niederspannungsbereich*)

Betriebsmittel (Unfallstelle)	Hochspannungsunfälle	
	Elektrofachkräfte Anzahl	Elektrolaien Anzahl
Verteilungen	32 (6)	189 (20)
Schalter	5 (1)	148 (13)
Freileitungen	121 (21)	103 (16)
Kabel	50 (1)	98 (2)
Transformatoren	65 (6)	12 (1)
Meß- und Prüfgeräte/Transformatoren	57 (1)	37 (0)
Fernsehgeräte	22 (0)	20 (0)
Gesamtzahl (incl. Sonstige)	863 (67)	447 (38)

Tabelle 5: Häufigkeitsschwerpunkte unfallbeteiligter elektrischer Betriebsmittel im Hochspannungsbereich*)

*) Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994. Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

3 Welche Personenkreise sind gefährdet?

3.2 Unterschiede in der Gefährdungssituation bei Elektrofachkräften und Elektrolaien

Ausrüstungen von Maschinen aller Art sowie an der sogenannten festen Installation (Tabelle 4).

Im Hochspannungsbereich stehen bei beiden Qualifikationsgruppen Betriebsmittel zur Fortleitung und Verteilung der elektrischen Energie als häufige Unfallstellen im Vordergrund (Tabelle 5).

Tödliche Unfälle treten bei den Verunglückten nichtelektrotechnischer Berufe im Hochspannungsbereich etwas häufiger auf; die mittlere Letalität der Unfälle ohne Berücksichtigung von Spannungshöhe und Unfallstelle beträgt bei Elektrolaien 1,3 % gegenüber 1,1 % bei Verunglückten elektrotechnischer Berufe.



Vor Beginn elektrotechnischer Arbeiten ist die richtige persönliche Schutzausrüstung auszuwählen



Reinigen einer unter Spannung stehenden Mittelspannungsanlage

4 WELCHE URSACHEN FÜHREN ZU STROMUNFÄLLEN?

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation

Da nur die Einhaltung dieser Regeln Sicherheit garantieren kann, muss ihre Nichtbeachtung zwangsläufig bei der Analyse

eingetretener Unfälle jeweils erstrangig festgestellt werden und damit den Hauptanteil der Verhaltensfehler ausmachen.

In der in Tabelle 6 gezeigten Übersicht über die Unfallursachenverteilung bei Niederspannungsunfällen ist dies sehr deutlich ersichtlich.

Art der Unfallursache	Ursachenverteilung bei Niederspannungsunfällen			
	Elektrofachkräfte		Elektrolaien	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
Verhaltensfehler				
Nichtbeachtung von Sicherheitsvorschriften	5.626 (35)	43,4 (44,9)	1.318 (15)	22,5 (32,6)
Allgemeine Verhaltensfehler	2.794 (23)	21,6 (29,5)	968 (10)	16,5 (21,7)
Fehler organisatorischer Art	914 (8)	7,1 (10,2)	837 (6)	14,3 (13,0)
„Technische“ Sachfehler				
Schäden oder Fehler an elektrischen Betriebsmitteln	2.188 (5)	16,9 (6,4)	2.128 (11)	36,2 (24,0)
Schäden oder Fehler an elektrischen Anlagen	1.430 (7)	11,0 (9)	614 (4)	10,5 (8,7)
Summe der genannten Ursachen {größer als die Fallzahl der Unfälle}	12.952 (78)	100 (100)	5.865 (46)	100 (100)
<i>Gesamtzahl (incl. Sonstige)</i>	<i>10.843 (59)</i>		<i>4.888 (32)</i>	

Tabelle 6: Ursachenverteilung bei Niederspannungsunfällen^{*)}

^{*)} Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994. Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation

Bei rund 44 % der Niederspannungsunfälle von Elektrofachkräften wurde die Nichtbeachtung der „Fünf Sicherheitsregeln“ als unfallursächlich festgestellt, bei rund 22 % wurden allgemeine Verhaltensfehler ermittelt (allgemeine Verhaltensfehler wie Unachtsamkeit, Leichtsinn, eigenmächtig unbefugt vorgenommene Arbeiten oder auch arbeitsmethodisch bedingte spezielle Gründe, wie „Arbeit vor Freigabe begonnen“, „Nicht über Schaltzustand informiert“ oder „Nach Zeiterinbarung gearbeitet“). Bei 7 % der Niederspannungsunfälle von Elektrofachkräften wurden Fehler organisatorischer Art genannt, so beispielsweise die fehlende oder ungenügende Unterweisung und ungenügende spezielle Informationen, insbesondere genannt bei Unfällen von Auszubildenden und jüngeren Beschäftigten.

„Technische“ Sachfehler, wie Schäden oder Fehler an Geräten, an Apparaten oder Maschinen, und Schäden oder Fehler an Anlagen wurden für Elektro-



Nur eine eindeutige Kennzeichnung des Arbeitsbereiches schützt vor Verwechslung



Feststellen der Spannungsfreiheit an einer Sammelschiene einer Mittelspannungsanlage

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

..... 4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation

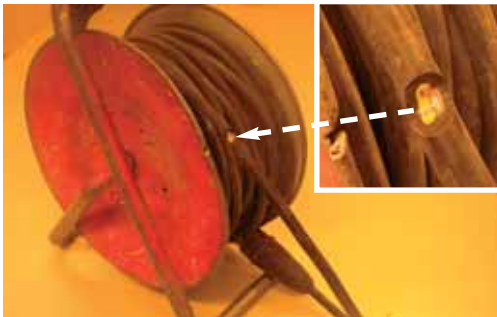


Eine wirkungsvolle Kennzeichnung kann die Gefahr eines „versehentlichen“ Wiedereinschaltens abwenden

fachkräfte durch die Analyse zusammen mit 28 % als Unfallursache festgestellt.

Beim Niederspannungsunfall der Elektrolaien stehen dagegen mit rund 47 % Schäden oder Fehler an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen als erstrangige Unfallursachen im Vordergrund. Diese Unfallursachen werden als Sachfehler ausgewiesen, obwohl sie bei richtiger Information der Elektrolaien

auch als Verhaltensfehler der Verunglückten selbst oder als Verhaltensfehler organisatorischer Art durch Fehlverhalten Dritter für die Arbeitssicherheit verantwortlicher Personen zu werten wären. Als Verhaltensfehler der verunglückten Elektrolaien selbst zu werten, insofern als die Unfälle in erster Linie auf der unpfleglichen Behandlung oder unsachgemäßen Handhabung von elektrischen Geräten, Apparaten und anderen Betriebsmitteln beruhen oder insofern als sie in der sorglosen Weiterbenutzung dieser durch falsche



Beschädigte Betriebsmittel müssen einer weiteren Verwendung entzogen werden

Behandlung oder unsachgemäße Handhabung schadhaften Betriebsmittel beruhen. Damit verbunden, aber auch zu werten als Verhaltensfehler organisatorischer Art, da die Unfälle letztlich in der mangelhaften Organisation der Prüfung der im Einsatz befindlichen elektrischen Betriebsmittel ihren Ursprung haben.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation

Die Unfallursachenverteilung bei Hochspannungsunfällen wird durch Tabelle 7 veranschaulicht. Besonders unterschiedlich zu den Niederspannungsunfällen erscheinen die Verhaltensfehler und hier die Anteile der Fehler organisatorischer Art, die bei den Elektrolaien besonders stark hervortreten. Diese Fehler sind hauptsächlich in der fehlenden oder in mangelhafter Aufsichtsführung bei Arbeiten in der

Art der Unfallursache	Ursachenverteilung bei Hochspannungsunfällen			
	Elektrofachkräfte		Elektrolaien	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
Verhaltensfehler				
Nichtbeachtung von Sicherheitsvorschriften	425 (42)	40,6 (45,2)	148 (11)	28,1 (26,8)
Allgemeine Verhaltensfehler	347 (41)	33,1 (44,1)	150 (15)	28,5 (36,6)
Fehler organisatorischer Art	101 (4)	9,7 (4,3)	124 (14)	23,5 (34,2)
„Technische“ Sachfehler				
Schäden oder Fehler an elektrischen Betriebsmitteln	107 (4)	10,2 (4,3)	59 (1)	11,2 (2,4)
Schäden oder Fehler an elektrischen Anlagen	67 (2)	6,4 (2,1)	46 (0)	8,7 (0)
Summe der genannten Ursachen {größer als Fallzahl der Unfälle}	1.047 (93)	100 (100)	527 (41)	100 (100)
<i>Gesamtzahl (incl. Sonstige)</i>	863 (67)		454 (38)	

Tabelle 7: Unfallursachenverteilung bei Hochspannungsunfällen*)

Nähe unter Spannung stehender Freileitungen bedingt; es handelt sich insbesondere um Arbeiten im Bereich von Baustellen, bei denen mit Hebezeugen und Fördergeräten, wie Kränen, Autokränen und Betonpumpen, sowie mit fahrbaren oder tragbaren Leitern und sperrigen Gegenständen Freileitungen berührt werden oder eine unzulässige Annäherung an die Gefahrenzone erfolgt, so dass ein Lichtbogenüberschlag ausgelöst wird.

*) Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.
Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

..... 4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation



Prüfplätze sollten nur über ein Trenntransformator betrieben werden

Auch Unfälle bei Erdarbeiten im Tiefbau durch zerstörende Berührung von Erdkabeln des Nieder- und Hochspannungsbereiches sind in der Fehlergruppe „Fehler organisatorischer Art“ enthalten.

Bei den Hochspannungsunfällen der Elektrofachkräfte stehen wie im Niederspannungsbereich ganz klar und strukturell gleich die Verhaltensfehler der Verunglückten selbst im Vordergrund,

einerseits die Nichtbeachtung der Sicherheitsvorschriften, andererseits auch ein erheblicher Anteil von Unfällen mit allgemeinem Fehlverhalten.

Fehlverhalten der Verunglückten	Anzahl der Unfälle	Anteil der Unfälle [%] *)	Letalität [%]
Sicherheitsregeln nicht beachtet	7.724 (104)	37,9 (40,3)	1,4
Schutzmittel nicht benutzt	1.312 (17)	6,4 (6,6)	1,3
Unaufmerksamkeit	1.792 (15)	8,8 (5,8)	0,8
Unter Spannung gearbeitet	5.828 (50)	28,6 (19,4)	0,9
Zulässige Annäherung unterschritten	370 (48)	1,8 (18,6)	13,0
Nicht über Schaltzustand informiert	450 (5)	2,2 (1,9)	1,1
Verwechslung	514 (5)	2,5 (1,9)	1,0
Unsinniges Verhalten	203 (7)	1,0 (2,7)	3,5
Arbeit vor Freigabe begonnen	106 (9)	0,5 (3,5)	8,5
Defektes Gerät oder Werkzeug benutzt	461 (1)	2,3 (0,4)	0,2
Keine Angabe	743 (8)	3,6 (3,1)	1,1

Tabella 8a: Fehlverhalten der Verunglückten)**

*) Bezug: Gesamtzahl der angegebenen Unfallursachen gemäß Tabellen 6 und 7

***) Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994. Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.1 Übersichten unter Berücksichtigung von Spannungsbereichen und elektrotechnischer Qualifikation

Welche Verhaltensfehler dabei in erster Linie infrage kommen, geht aus der Tabelle 8a hervor, die unabhängig von der Spannungshöhe und von der elektrotechnischen Qualifikation der Verunglückten die jeweilige Anzahl der Unfälle bei bestimmten Verhaltensfehlern zusammenstellt.

Aus den Angaben zur Letalität treten einerseits die Unfälle hervor, bei denen die zulässige Annäherung unterschritten wurde (also Hochspannungsunfälle mit ihrem hohen tödlichen Anteil) und andererseits solche Unfälle, die bei Arbeiten eingetreten sind, die vor Freigabe der Arbeitsstelle begonnen wurden. Eine weitere Aufschlüsselung der unter 1. bis 3. gegebenen Zahlen (Tabelle 8b) macht die Unfallursachen im Einzelnen weiter deutlich.

Fehlverhalten der Verunglückten (Spezifikation der Angaben in Tabelle 8a)	Anzahl der Unfälle	Anteil der Unfälle [%]	Letalität [%]
Nichtbeachtung der Sicherheitsregeln			
Nicht freigeschaltet	2.697 (52)	13,2 (20,2)	1,9
Nicht gegen Wiedereinschalten gesichert	336 (6)	1,6 (2,3)	0,3
Spannungsfreiheit nicht festgestellt	2.479 (21)	12,2 (8,1)	0,9
Nicht geerdet und kurzgeschlossen	154 (4)	0,8 (1,6)	2,6
Nicht abgedeckt oder abgeschränkt	2.058 (21)	10,1 (8,1)	1,0
Schutzmittel nicht benutzt			
Schutzmittel nicht benutzt	1.092 (10)	5,4 (3,9)	0,9
Ungeeignetes Gerät/Werkzeug benutzt	122 (3)	0,6 (1,2)	2,5
Schutzmaßnahmen nicht beachtet (z.B. Trenntrafo nicht benutzt)	98 (4)	0,5 (1,6)	4,1
Sonstige			
Eigenmächtigkeit, unbefugtes Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln	468 (31)	2,3 (12,0)	6,6
Leichtsinn	289 (7)	1,4 (2,7)	2,4
Nach Zeitvereinbarung gearbeitet	25 (0)	0,1 (0)	0
Übrige /andere „Sonstige“	546 (11)	2,7 (4,3)	2,0

Tabelle 8b: Fehlverhalten der Verunglückten*)

*) Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.
Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.



4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft

Beim Arbeiten an elektrischen Anlagen – z.B. im Zuge der Erweiterung, der Änderung oder der Wartung – und beim Arbeiten an schadhafte elektrische Betriebsmitteln zur Fehlersuche und Instandsetzung müssen die zwangsläufig wirkenden, konstruktiv vorgesehenen technischen Schutzmaßnahmen in der Regel ganz oder teilweise außer Funktion gesetzt werden oder sind außer Funktion gesetzt. Der Schutz des an den Anlagen oder den Betriebsmitteln Arbeitenden gegen die Einwirkung des elektrischen Stromes ist in diesen Fällen meist nur bei strikter Einhaltung von Verhaltensregeln zu gewährleisten.

Ohne Freischaltung sind die Sicherheitsabstände zu aktiven Teilen immer einzuschalten

Schutz des an den Anlagen oder den Betriebsmitteln Arbeitenden gegen die Einwirkung des elektrischen Stromes ist in diesen Fällen



Die Erdungs- und KurzschlieÙvorrichtung ist immer zuerst mit der Erdungsanlage zu verbinden

Für die genannten Tätigkeiten sind daher ausschließlich Elektrofachkräfte autorisiert. Ihr Tätigkeitskatalog umfasst weniger routinemäßig auszuführende als vielmehr vorwiegend problemlösende Arbeiten, die häufig nicht an einen festen Arbeitsplatz gebunden sind. Beide Arten der Tätigkeit sind oft verknüpft mit einer Vielzahl von

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft

Arbeitsschritten und einer Abhängigkeit der Schritte von und untereinander, dies insbesondere beim Arbeiten an Hochspannungsanlagen. Die Komplexität des Vorgehens erfordert eine genaue Festlegung und Einhaltung der Vorgehensweise sowohl hinsichtlich des reinen Arbeitsablaufes als auch – und hier besonders – bei der Durchführung von Sicherheitsmaßnahmen. Die Sicherheitsregeln müssen korrekt beachtet werden, es müssen Abstände eingehalten, Schutzausrüstungen getragen und andere Vorsorgemaßnahmen getroffen werden.



Beim Arbeiten in der Nähe sind die benachbarten Teile gegen zufälliges Berühren abzudecken

Die Anwendung der fünf Sicherheitsregeln schafft die Grundlage jeder sicheren Arbeit an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln.

Leider werden diese Verhaltensvorschriften vielfach aus übertriebener Selbstsicherheit oder aus dem Gefühl heraus, über der Sache zu stehen, vernachlässigt. Gefahren durch das Außerachtlassen der Sicherheitsregeln entstehen insbesondere bei Erweiterungs- und Änderungsarbeiten an bestehenden Anlagen und bei der Instandsetzung mit der Störungssuche und der Beseitigung der Störungen. Hierbei ist die mittelbare Gefahrenerkennung oft erschwert, da häufig komplizierte Anlagen mit komplizierten Schaltplänen vorliegen, die zum Zwecke der notwendigen Freischaltungen langwierig zurückverfolgt werden müssen. Aber auch Wartungsarbeiten mit der Reinigung und Überholung elektrischer

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft



Hindernisse grenzen wirkungsvoll den Arbeitsbereich ein

Betriebsmittel einschließlich von Anstreicherarbeiten gehören zu den Tätigkeiten, bei den das Außerachtlassen der Sicherheitsvorschriften häufig zu Unfällen führt.

Grundsätzlich werden in einer Vielzahl der Fälle die mit dem Arbeitsauftrag verbundenen Arbeiten zwar auch unter sorgfältiger Einhaltung aller Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt, je-

doch kommt es im Anschluss an die Arbeiten oder nach Unterbrechungen von Arbeitsabläufen bei der Wiederaufnahme der Arbeit zu Fehlhandlungen. Nach Unterbrechungen werden vorher durch-

geführte Maßnahmen nicht wiederholt, in blindem Vertrauen auf das weitere Bestehen des sicherheitsgerechten Zustandes der Anlage; es kommt häufig zu Verwechslungen der Arbeitsbereiche und als Folge der nunmehr fehlenden Sicherheitsmaßnahmen zu folgenschweren Unfällen.



In Schaltzellen kann nur ein normgerechter Spannungsprüfer eine eindeutige Aussage über den Spannungszustand geben

Nach Abschluss von Arbeiten werden beispielsweise vergessene Arbeitshilfsmittel, wie Klemmen, Seilzugrollen, Rollen oder Reinigungsutensilien aus dem in- zwischen wieder unter Span-

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft



Zum Feststellen der Spannungsfreiheit an Niederspannungsanlagen sollte zweipoligen Geräten der Vorzug gegeben werden

nung stehenden Arbeitsbereich geholt – aus einem gewissen Gewöhnungseffekt heraus –, ohne erneut Sicherheitsmaßnahmen zu treffen. Aber auch vor Beginn der eigentlichen Arbeitsdurchführung kommt es durch Übereifer und Eigenmächtigkeit und damit durch voreiliges Handeln zu Unfällen. Vor der geplanten beispielsweise mit dem Obermonteur abgesprochenen Freischaltung werden bereits arbeitsvorbereitende Tätigkeiten durchgeführt; in Verkennung der Gefahr wird beispielsweise versucht, Maß zu nehmen oder es wird versucht, Materialien in den Arbeitsbereich zu schaffen; oder es wird etwas irgendwie abschätzend in Augenschein genommen, wobei die zulässige Annäherung unterschritten wird; oder es wird voreilig mit der Arbeit begonnen – jeweils ohne die Spannungsfreiheit an der Arbeitsstelle festzustellen.

Nicht selten wird auch der abgegrenzte Arbeitsbereich überschritten. Offenbar wird durch Konzentrationsmangel angenommen, dass das, was an der Arbeitsstelle gilt, auch nebenan gelten muss.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft



Je nach Anwendungsfall stehen verschiedene Ausführungen von Spannungsprüfern zur Verfügung

Häufig werden bei technisch kompliziert aufgebauten Anlagen zeit-
aufwendig zahlreiche Maßnahmen einschließlich der Einsicht in die
Stromlaufpläne mit vielen Handlungsschritten sorgfältig durchge-
führt, um die Arbeitsstelle und die Umgebung freizuschalten und ge-
gen Wiedereinschalten zu sichern, aber in Unterschätzung des Ri-
sikos bzw. in Überschätzung der Sicherheit der bereits getroffene
Maßnahme oder ganz einfach aus Bequemlichkeit wird dann ver-
absäumt, die Spannungsfreiheit an der Arbeitsstelle festzustellen.
Dort steht dann z.B. durch übersehene Zu- oder Abgänge Rück-
spannung an, oder die Arbeitsstelle bleibt unter Spannung, weil Zu-
oder Abgänge und Verbindungsleitungen nicht beachtet wurden,
weil sie im Schaltplan nicht enthalten waren. Häufig wird nach
einem tödlichen Unfall von Arbeitskollegen des Verunglückten ge-
sagt: „Er war einer unserer besten Leute und war schon 20 Jahre
im Fach. Er kannte die Anlage am besten von uns allen und wusste
sich stets zu helfen.“ Oder es heißt nach einem Unfall: „Wir nah-

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft

men an, es sei keine Spannung mehr vorhanden; wo sollte denn da etwas herkommen. Wir haben das immer schon so gemacht.“ Solche Äußerungen zeigen die sehr häufig anzutreffende Grundeinstellung „Warum nach Vorschrift, warum nach einem vorgegebenen Verhaltensschema arbeiten, wenn aus der Überlegung heraus eine Situation als gefahrenfrei einzuschätzen ist?“ Diese Einstellung ist vor allem bei Elektromonteuren, die in der Installation tätig sind, leider noch weit verbreitet.



Klemmringe verkürzen nicht nur die Montagezeit für einen Abzweig, sie erhöhen auch die Arbeitssicherheit

Als psychische Hintergrundsbedingungen für das Fehlverhalten konnten durch die Unfallanalyse folgende schlagwortartig genannte Verhaltenskomponenten ermittelt werden:

In-Eile-sein, Unter-Zeitdruck- stehen, Ablenkungen durch Nebenarbeiten, Geltungsbedürfnis beim Arbeiten in der Gruppe, geäußert in Übereifer und Leichtsin. Bei Auszubildenden wurde die mangelnde Kenntnis der Sicherheitsvorschriften, mangelndes Risikobewusstsein und mangelnde Beherrschung des Arbeitsvorganges unter sicherheitstechnischem Aspekt festgestellt.

Das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen kann grundsätzlich keineswegs als ein Beweis von Mut und besonderer Fachkundigkeit angesehen werden. Wenn ohne sachliche Notwendigkeit und ohne geeignete zusätzliche Vorkehrungen unter Spannung gearbeitet wird, so muss diese Arbeitsweise als nicht einwandfrei bezeichnet werden. Wenn heute noch gelegentlich Auszubildenden

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.2 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrofachkraft



Neben elektrischen Gefahren können auch weitere hinzukommen, z. B. die Gefahr des Auffahrens auf eine Hebebühne

das Berühren unter Spannung stehender Leitungen von älteren Monteuren als eine Art Mutprobe abverlangt wird, so kann dieses Ansinnen nur grob fahrlässig und verantwortungslos genannt werden. Es muss daher allen Unternehmern, Betriebsleitern, Meistern und sonstigen Vorgesetzten eindringlicher denn je die Aufgabe gestellt werden, ihre Mitarbeiter systematisch sowohl über die Gefahren des elektrischen Stromes als auch über die notwendigen Schutzmaßnahmen aufzuklären.

Mehr und mehr umgibt sich der Mensch mit zusätzlichen Hilfen und Einrichtungen, die ihm das Leben erleichtern und die ihm

helfen sollen, die Kenntnisse über seine Umwelt zu verbessern. Warum verwendet man nicht bei Arbeiten in und an elektrischen Anlagen immer und unter allen Umständen vor Aufnahme der Arbeiten einen geeigneten Spannungsprüfer zum Feststellen der Spannungsfreiheit? Die Notwendigkeit dafür ergibt sich nicht zuletzt daraus, dass dem Menschen von Natur aus kein Sinnesorgan für das Feststellen evtl. vorhandener Spannung zur Verfügung steht. Jeder Vorgesetzte und jeder Monteur muss davon überzeugt werden, dass es kein Zeichen von Feigheit oder mangelnder Eignung für die Tätigkeit als Elektriker ist, wenn die Spannungsfreiheit vor Aufnahme der Arbeit festgestellt wird und eine Erdung und Kurzschließung der in Arbeit befindlichen Anlageteile erfolgt.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrolaien

Wichtige, aber leider häufig nicht beachtete Forderungen enthält die 5. Sicherheitsregel. Wenn z.B. an einer NH-Sicherungsverteilung oder in der Nähe unter Spannung stehender, nicht isolierter Leitungen gearbeitet werden muss, besteht immer die Möglichkeit des unbeabsichtigten mittelbaren oder unmittelbaren Berührens dieser Teile. Die Hersteller von Schutz- und Arbeitshilfsmitteln bieten heutzutage praktisch für jede Arbeitssituation gut und einfach zu handhabende Abdeckmaterialien an. Die daher nur noch geringe Mühe des isolierenden Abdeckens oder des geeigneten Abschränkens von Gefahrenbereichen macht sich auf jeden Fall bezahlt, denn die Arbeiten können danach bei höherer Sicherheit zügiger durchgeführt werden. Warum also auf derartige Maßnahmen verzichten?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrolaien

Beim Einsatz elektrischer Betriebsmittel (Verbrauchsmittel) ist auf den einwandfreien Zustand



Beim Wechseln einer NH-Leiste darf immer nur ein Potenzial frei sein



Isoliertes Werkzeug gehört nicht in eine Werkzeugkiste

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrolaien



Vor der Benutzung eines elektrischen Betriebsmittels ist das Datum der Wiederholungsprüfung zu kontrollieren

der konstruktiv vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu achten. Durch einen Schaden im Gerät oder eine ungeeignete nicht bestimmungsgemäße Handhabung kann es beispielsweise zu einer Spannungsverschleppung auf das berührbare leitfähige Gehäuse kommen. Wenn das Gerät nicht in eine Maßnahme zum Schutz bei indirektem Berühren einbezogen ist, wirkt sich diese Berührungsspannung für den Benutzer unter Umständen lebensgefährdend aus. Sofern nicht Schutzkleinspannung,

Schutztrennung oder Schutzisolierung angewendet wird, ist der einwandfreie Zustand des Schutzleiteranschlusses die wichtigste Forderung beim Einsatz derartiger Geräte, damit im Fehlerfall rechtzeitig selbsttätig eine Abschaltung des Gerätes erfolgen kann.

Schutz durch Abschaltung als Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren ist je nach Netzform möglich mit:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
- Fehlerspannungs-Schutzeinrichtungen (jedoch nur in Sonderfällen)

„Technische“ Sachfehler, wie Schäden oder Fehler an elektrischen Betriebsmitteln und an elektrischen Anlagen, sind die überwiegende Ursache von Unfällen von Elektrolaien (siehe Tabelle 6); sie treten bei den Beschäftigten nichtelektrotechnischer Berufe mit rund 47 % im Unfallgeschehen des Niederspannungsbereich hervor.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektroanlagen

Schäden an Steckvorrichtungen, an Anschluss- und Verlängerungsleitungen und an Kupplungen sowie mangelhafter Schutz gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren an den Geräten selbst sind in erster Linie für dieses Unfallgeschehen maßgebend (Tabellen 9a und 9b).

Sachliche und organisatorische Unfallursachen bei Niederspannungsunfällen	Elektrofachkräfte			Elektroanlagen		
	Anzahl der Unfälle	Anteil der Unfälle [%]	Letalität [%]	Anzahl der Unfälle	Anteil der Unfälle [%]	Letalität [%]
Steckvorrichtung oder Leitungsisolierung defekt	468 (0)	3,6 (0)	0	750 (4)	12,8 (8,7)	0,5
Kupplung verkehrt zusammensteckbar	42 (1)	0,3 (0)	0	27 (1)	0,5 (2,2)	3,7
Schutzleiterdefekte, -fehler	271 (2)	2,1 (2,6)	0,7	265 (0)	4,5 (0)	0
Fehler oder mangelhafter Schutz gegen Berühren	439 (2)	3,4 (2,6)	0,5	438 (2)	7,5 (4,3)	0,5
Fehler oder mangelhafter Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung	116 (3)	0,9 (3,8)	2,6	116 (1)	2,0 (2,2)	0,9
Aufsicht fehlte, beging Fehler	146 (2)	1,1 (2,6)	1,4	115 (2)	2,0 (4,3)	1,7
Verschulden Dritter	486 (6)	3,8 (7,7)	1,2	275 (1)	4,7 (2,2)	0,4
Ungenügende Ausbildung – und/oder Belehrung	71 (0)	0,5 (0)	0	73 (0)	1,2 (0)	0

Tabelle 9a: Sachliche und organisatorische Unfallursachen^{*)}

Schutzleiterdefekte, -fehler	Elektroanlagen		Elektrofachkräfte	
	Anzahl der Unfälle	Letalität [%]	Anzahl der Unfälle	Letalität [%]
Schutzleiter nicht angeschlossen bzw. unterbrochen	177 (0)	0	136 (2)	1,5
Schutzleiter vertauscht	56 (0)	0	101 (0)	0
Schutzleiter nicht vorhanden	32 (0)	0	34 (0)	0

Tabelle 9b: Schutzleiterdefekte/-fehler^{*)}

^{*)} Die Unfallzahlen beziehen sich auf einen Zehnjahreszeitraum 1985–1994.

Die Unterschiede bei der Gesamtzahl der Unfälle zwischen den einzelnen Tabellen ergeben sich, weil die Erhebungsbögen teilweise unvollständig ausgefüllt werden.

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektroarbeiten

Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass bei elektrischen Betriebsmitteln je nach Art der Schutzklasse nicht nur eine regelmäßige Prüfung der Geräte und Apparate und ihrer Anschlussleitungen und Steckvorrichtungen für die Sicherheit dieser Betriebsmittel erforderlich ist; auch die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen bei den vorgeschalteten Verlängerungsleitungen, den Kupplungen und den Verteilungen sind von entscheidender Bedeutung. Insbesondere dürfen auf Bau- und Montagestellen keine Provisorien Platz haben, die zu folgenschweren Unfällen führen können.

Im Unfallgeschehen beim Umgang mit elektrischen Verbrauchsmitteln traten bei einer früheren Auswertung insbesondere die Elektrohandwerkzeuge als Unfallhäufigkeitsschwerpunkte hervor. Bei fast $\frac{3}{4}$ aller Unfälle mit Elektrohandwerkzeugen waren Schäden oder Fehler am Werkzeug einschließlich seiner Zuleitung die Unfallursache; $\frac{1}{4}$ der Unfälle trat ein, ohne dass das Elektrohandwerkzeug fehlerhaft war. Bei diesem Anteil lagen die Fehler u.a. in der Anlage, z.B.: Schutzleiterfehler und Isolationsfehler in Steckdosen, Isolations- oder Schutzleiterfehler in Verlängerungsleitungen, oder es wurden mit dem Werkzeug unter Spannung stehende Leitungen angebohrt, angesägt oder angeschliffen.

35 % aller Schäden oder Fehler am Elektrohandwerkzeug waren Defekte an der Isolation der beweglichen Anschlussleitung innerhalb der freien Leitungslänge und an der Kabeleinführung, am Knickschutz oder der Zugentlastung.

Neben den Gerätefehlern sind etwa mit 11 % Fehler in der Anlage, insbesondere schadhafte Steckdosen, zu nennen.

Da die Gerätefehler und häufig auch die Anlagenfehler, z.B. defekte Steckdosen, von den Verunglückten auch bei geringem tech-

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektrolaien

nischen Verständnis bei einfacher Sichtprüfung hätten erkannt werden können, liegen die Unfallursachen auch in Unachtsamkeit und Leichtsinn der Verunglückten. Den für die Sicherheit Verantwortlichen sind Versäumnisse anzulasten, da notwendige Prüfungen nicht durchgeführt wurden oder als zu wenig häufig bezeichnet werden mussten.



In größeren Betrieben bedarf es einer „Logistik“, um die Wiederholungsprüfungen zu organisieren

Als selbstverständlich resultiert aufgrund der Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen die Folgerung, dass in erster Linie die Prüfung der Elektrohandwerkzeuge zu verbessern ist. Für elektrische Betriebsmittel, die über Steckvorrichtungen angeschlossen werden, ist eine Prüfung nach BGV A3 in Abständen von mindestens 6 Monaten gefordert. Ergänzend sollten Sichtkontrollen möglichst vor jeder Inbetriebnahme durch den Bedienenden selbst durchgeführt werden.

Die wichtigsten Aufgaben aller im Bereich der Elektrotechnik Tätigen, ob Unternehmer, Vorgesetzte oder der elektrotechnischen Fachkraft vor Ort, bestehen darin, sich

1. über den Einfluss des Stromes auf den menschlichen Körper und die dadurch entstehende Gefährdung eindeutig Klarheit zu verschaffen (Kenntnis der Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit, insbesondere für das Auftreten von Herzkammerflimmern),
2. bei der Arbeit an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln für eine zuverlässige Sicherung des Arbeitsplatzes zu sorgen (Beachtung der Fünf Sicherheitsregeln),

4 Welche Ursachen führen zu Stromunfällen?

4.3 Die Arbeitssituation im Aufgabenbereich der Elektroarbeiten



Mit geeigneten Prüfgeräten können auch elektrotechnisch unterwiesene Personen die Wiederholungsprüfung ausführen



Auch die Steckdosen sind bei der Wiederholungsprüfung Stichproben zu unterziehen

3. bei der Verwendung elektrischer Betriebsmittel vor und während der Arbeit die Funktionsfähigkeit der angewendeten Schutzmaßnahmen sicherzustellen (Beachtung der Prüfvorschriften für Geräte und Anlagen).

Eine verstärkte sicherheitstechnische Information und Unterweisung der an elektrischen Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln tätigen Personen muss schließlich garantieren, dass vor Beginn der Arbeiten immer, auch unter allen denkbaren Betriebsverhältnissen zunächst bestimmte schematisch festgelegte Sicherheitsmaßnahmen abgewickelt werden.

Nur so kann auf die Dauer ein weiteres Absinken der vergleichsweise immer noch schweren und oft tödlichen Stromunfälle erreicht werden, ein Ziel, an dem jedermann, unabhängig von seinem Tätigkeitsbereich, zum eigenen Nutzen und zum Nutzen der Allgemeinheit interessiert sein muss.

5 ANHANG.....

Schutz gegen Gefahren des elektrischen Stromes

Elektrische Energie wird bei fast allen handwerklichen und industriellen Tätigkeiten benötigt. Auch der Elektrolaie hat daher häufig Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen.

- Schutz gegen die Gefahren des elektrischen Stromes ist unter allen Umständen erforderlich.

Wir haben daher auch für den elektrotechnischen Laien Sicherheitsregeln zusammengestellt.

Die Sicherheitsregeln für den elektrotechnischen Laien

- ① Überzeugen Sie sich vor der Benutzung elektrischer Geräte oder elektrischer Anlagen von ihrem einwandfreien Zustand.
- ② Bedienen Sie nur die dafür bestimmten Schalter und Stelleinrichtungen. Keine Einstellungen an Sicherheitseinrichtungen verändern.
- ③ Grundsätzlich keine nassen elektrischen Geräte benutzen und keine nassen elektrischen Anlagen bedienen, auch nicht, wenn nur Ihre Hände oder Füße nass sind. (Die Ausnahmen sagt Ihnen die Elektrofachkraft.)
- ④ Bei Störungen sofort Spannung abschalten, Stecker ziehen. Tun Sie danach nur das, was Sie gefahrlos beherrschen.
- ⑤ Melden Sie Schäden oder ungewöhnliche Erscheinungen an elektrischen Geräten oder Anlagen sofort der Elektrofachkraft.

Gerät oder Anlage nicht weiter verwenden und der Benutzung durch andere Personen entziehen, auf Gefahren hinweisen.

Die ergänzenden Regeln für besondere Situationen und Geräte

- ⑥ Keine Reparaturen und „Bastelarbeiten“ – auch noch so einfacher Art – an elektrischen Geräten und Anlagen durchführen, wenn Sie über die damit verbundenen Gefahren und die sichere Arbeitsweise keine ausreichenden Kenntnisse besitzen.
- ⑦ Informieren Sie sich vor der Benutzung von Elektrohandwerkzeugen und anderen transportablen elektrischen Geräten über die besonderen Sicherheitsmaßnahmen. Halten Sie diese Sicherheitsmaßnahmen strikt ein.

Dies gilt insbesondere beim Einsatz unter besonderen Umgebungsverhältnissen, wie z.B. extremer Hitze, Kälte, bei Nässe, chemischen Einflüssen oder auch in feuer- bzw. explosionsgefährdeten Bereichen.

- ⑧ Schutzabdeckungen und Zugänge an elektrischen Betriebsstätten oder Schaltanlagen nie öffnen. Achten Sie auf Kennzeichnungen oder Absperrungen, die Sie vor einer Berührung mit unter Spannung stehenden Leitungen oder Teilen warnen oder schützen sollen.
- ⑨ Arbeiten in gefährlicher Nähe elektrischer Anlagen nur nach Anweisung einer verantwortlichen Elektrofachkraft durchführen.
- ⑩ Vor Beginn von Arbeiten in der Nähe von Freileitungen oder Kabeln besondere Sicherheitsmaßnahmen treffen. Informieren Sie sich über die Regelungen, die für solche Arbeiten vom Betreiber der Anlage zusammengestellt worden sind und richten Sie sich danach. Sie erhalten vom nächsten Elektrizitätsversorgungsunternehmen alle nötigen Hinweise.

Bestell-Nr. MB 9

15 · 15 (170) · 4 · 2005 · 2

Alle Rechte beim Herausgeber

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfreiem Papier