



Jenfelder Allee 80 – 22045 Hamburg

Elektrofachkraft nach SQ Q1

Wirkung des elektrischen Stromes

Schutzmaßnahmen

[illegible]

1 Inhalt

2	Wirkung des elektrischen Stromes.....	3
2.1	Wärmewirkung.....	3
2.2	Lichtwirkung	3
2.3	Magnetische Wirkung	3
2.4	Chemische Wirkung.....	3
2.5	Physiologische Wirkung.....	4
3	Schutzziele	6
4	Gefährliche Berührungsspannung	6
5	Die 5 Sicherheitsregeln für Arbeiten an elektrischen Anlagen („Die 5 Goldenen Regeln“)	6
6	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	7
7	Schutzklassen	8
8	Schutzarten.....	9
9	Fehlerarten	10



2 Wirkung des elektrischen Stromes

Elektrischer Strom zeigt seine Wirkung auf verschiedene Art und Weise. Die Bewegung von Elektronen in verschiedenen Medien kann unterschiedliche Auswirkungen haben.

2.1 Wärmewirkung

Die Bewegung von Elektronen, und die damit verbundene „Reibungsenergie“, die in einem elektrisch leitfähigen Material frei wird, zeigt sich Form von Wärmeentwicklung. Da nach dem Ohm'schen Gesetz bei konstanter Spannung die Stromstärke abhängig vom Widerstand ist, und ein dünner Leiter einen größeren Widerstand hat, als ein Leiter mit größerem Querschnitt, erwärmt sich dieser Leiter.

Mal ist dieser Effekt erwünscht (Toaster, Durchlauferhitzer, Lötkolben, Schmelzsicherung, Glühbirne), oft gibt es aber auch unerwünschte Effekte, wie bei einem Kabel mit zu geringem Querschnitt, was ungewollt in letzter Konsequenz zu einem Brand führen kann.

2.2 Lichtwirkung

Unter bestimmten Voraussetzungen (sehr große Spannung zwischen 2 Potentialen), können auch bei normalen Bedingungen (1013 hPa, 20°C) nicht leitfähige Stoffe (wie z.B. Luft) leitfähig werden. Ist die Spannung so groß, und das Bestreben der Elektronen, diese Spannung auszugleichen, größer als der zu überwindende Widerstand, entlädt sich die Spannung in einem Lichtbogen. In der Natur beobachtet man dieses Phänomen als Blitz bei einem Gewitter. Gasentladungslampen funktionieren nach diesem Prinzip, zur Zündung eines Lichtbogens sind Spannungen von mehreren Tausend Volt nötig. Hat der Lichtbogen gezündet, und ist das Gas leitend, genügt in der Regel eine kleinere Spannung, um den Lichtbogen aufrecht zu erhalten. Beim Schalten und Trennen von Stromkreisen kann auch schon bei kleinen Spannungen ein Lichtbogen erzeugt werden.

2.3 Magnetische Wirkung

Fließt ein Strom durch einen Leiter, so bilden sich magnetische Feldlinien um diesen Leiter, welche eine Kraftwirkung auf einerseits elektrische Ladungen, als auch auf andere Magneten ausübt („Induktion der Bewegung“). Elektrische Energie kann durch Magnetkraft in Bewegungsenergie umgewandelt werden (Motor), umgekehrt ist dies auch möglich (Generator). Bei einem Transformator wird durch ein magnetisches Wechselfeld eine Spannung in der Sekundärspule induziert („Induktion der Ruhe“).

2.4 Chemische Wirkung

Bei Gleichstromfluss in einer Flüssigkeit kann diese zersetzt werden und in ihre chemischen Bestandteile zerlegt werden (z.B. Knallgasreaktion). Die Ursache liegt in der Redoxreaktion, einer Umkehrreaktion, wobei auf einer Seite Elektronen abgegeben werden, auf der anderen Seite Elektronen aufgenommen werden. Eine chemische Reaktion kann einen Stromfluss zur Folge haben (Batterie), ein Stromfluss kann diese chemische Reaktion auch in eine Richtung forcieren (z.B. Galvanisieren).

2.5 Physiologische Wirkung

Allen diesen physikalischen Phänomenen ist auch der Mensch ausgesetzt. Der Mensch besteht zu 70-80 % aus Wasser, die anderen „Anteile“ sind Mineralien (Salze), Aminosäuren und Eiweiße. Aufgrund seiner Physiologie kann der menschliche Organismus (und auch andere Lebewesen) den Strom leiten:

- Der Widerstand des menschlichen Körpers kann im Mittelwert mit $R_K = 1000 \Omega$ angenommen werden.
- Nervenbahnen leiten die Befehle des Hirnes mittels elektrochemischer Prozesse (Milli- bzw. Mikrovolt) beispielsweise an die Muskeln weiter.
- Der menschliche Herzschlag wird gesteuert durch den Sinusknoten, ein elektrischer „Taktgeber“ im Herzen
- Ein weiterer Sachverhalt: Menschliches Eiweiß (Zellflüssigkeit, Enzyme) gerinnt bei ca. 41-42°C.

Ist der Mensch einer für ihn *gefährlichen Spannung* ausgesetzt, kann durch ihn ein *gefährlicher Körperstrom* fließen, der wiederum die Funktionen des menschlichen Organismus beeinträchtigen, oder sogar stilllegen kann:

- Verbrennungen an den Ein- bzw. Austrittsstellen des Stromes durch den Körper, auch wenn diese lokal begrenzt sind, z.B. Finger, Hand. Spätfolgen können Vergiftungser-scheinungen, hervorgerufen durch Zerstörung von Zellstruktur und Absterben von Zellen (nekrotische Wirkung) durch Eiweißgerinnung. Verbrennungen durch Stromunfälle sind **immer** durch einen Arzt zu begutachten!
- Sind die Ströme durch den Körper sehr hoch, können sie Nervenimpulse überlagern, der Mensch kann das stromführende Objekt u.U. nicht mehr loslassen.
- Bringt der Körperstrom den Herzschlag (Sinusknoten) durcheinander, kommt es zu Herzkammerflimmern. Es wird nicht mehr genug sauerstoffreiches Blut durch die Adern gepumpt, Tod durch Sauerstoffunterversorgung ist die Folge.

Darüber hinaus kann es nicht nur zu Personenschäden kommen, sondern auch zu Sachschäden:

- Brand, hervorgerufen durch ein zu heißes Kabel

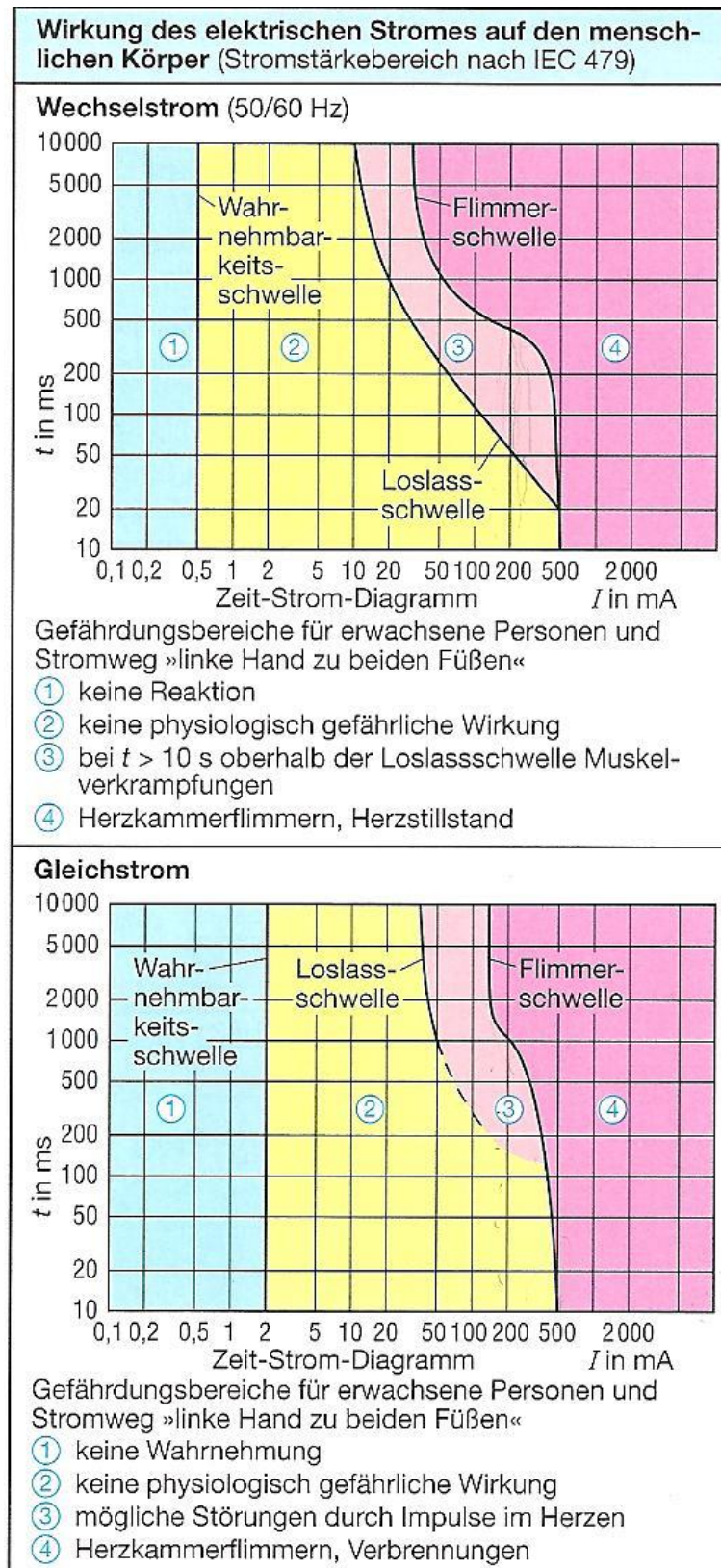
oder sogenannten Sekundärschäden:

- Absturz durch Schreckmoment, hervorgerufen durch elektrischen Schlag
- Explosionen (z. B. Bergbau, chem. Industrie)
- Fehlfunktionen von Maschinen (Abtrennen von Gliedmaßen)

kommen.



Die nachfolgende Tabelle basiert auf medizinischen Erkenntnissen und findet sich in der *DIN VDE 0140-479-1* wieder. Entscheidende Kriterien sind die Stromstärke und die Einwirkdauer:



3 Schutzziele

Strom ist eine sogenannte *gefahren geneigte Handlung*. Bei vorsichtigem und verantwortungsvollem Umgang, kann das Risiko durch Umgang mit elektrischem Strom minimiert werden.

Von den 5 Sinnen, die der Mensch besitzt, um seine Umwelt zu erfassen, ist nur der Tastsinn (also die Haut) in der Lage, elektrischen Strom zu registrieren. Da es in der Regel beim Berühren von *spannungsführenden Teilen*, die eine *gefährliche Berührungsspannung* führen, zu spät ist (elektrischer Unfall), müssen folglich schon im Vorfeld technische Maßnahmen getroffen werden, die dafür sorgen, dass es nicht dazu kommen kann. Diese sehen im Grundsatz folgendermaßen aus:

- Schutz vor gefährlicher Berührungsspannung und demzufolge
- Schutz gegen gefährliche Körperströme
- Schutz gegen unzulässige Erwärmung
- Schutz gegen direktes Berühren
- Schutz gegen indirektes Berühren
- Schutz gegen Fehlerströme
- Schutz gegen Überspannung
- Schutz gegen Unterspannung

Diese Grundsätze finden sich in der *DIN VDE 0100 – 100* wieder und definieren die Schutzziele, die im Detail in den *technischen Regeln (DIN VDE 0100, Teil 100 bis 802)* wiedergegeben sind.

4 Gefährliche Berührungsspannung

Aufgrund der o.g. medizinischen Erkenntnisse wurden die gefährlichen Berührungsspannungen wie folgt festgelegt:

Für Wechselstrom (AC):	≥ 50V (in Krankenhäusern & bei Nutztierhaltung: 25V)
Für Gleichstrom (DC):	≥ 120V (in Krankenhäusern & bei Nutztierhaltung: 60V)

5 Die 5 Sicherheitsregeln für Arbeiten an elektrischen Anlagen („Die 5 Goldenen Regeln“)

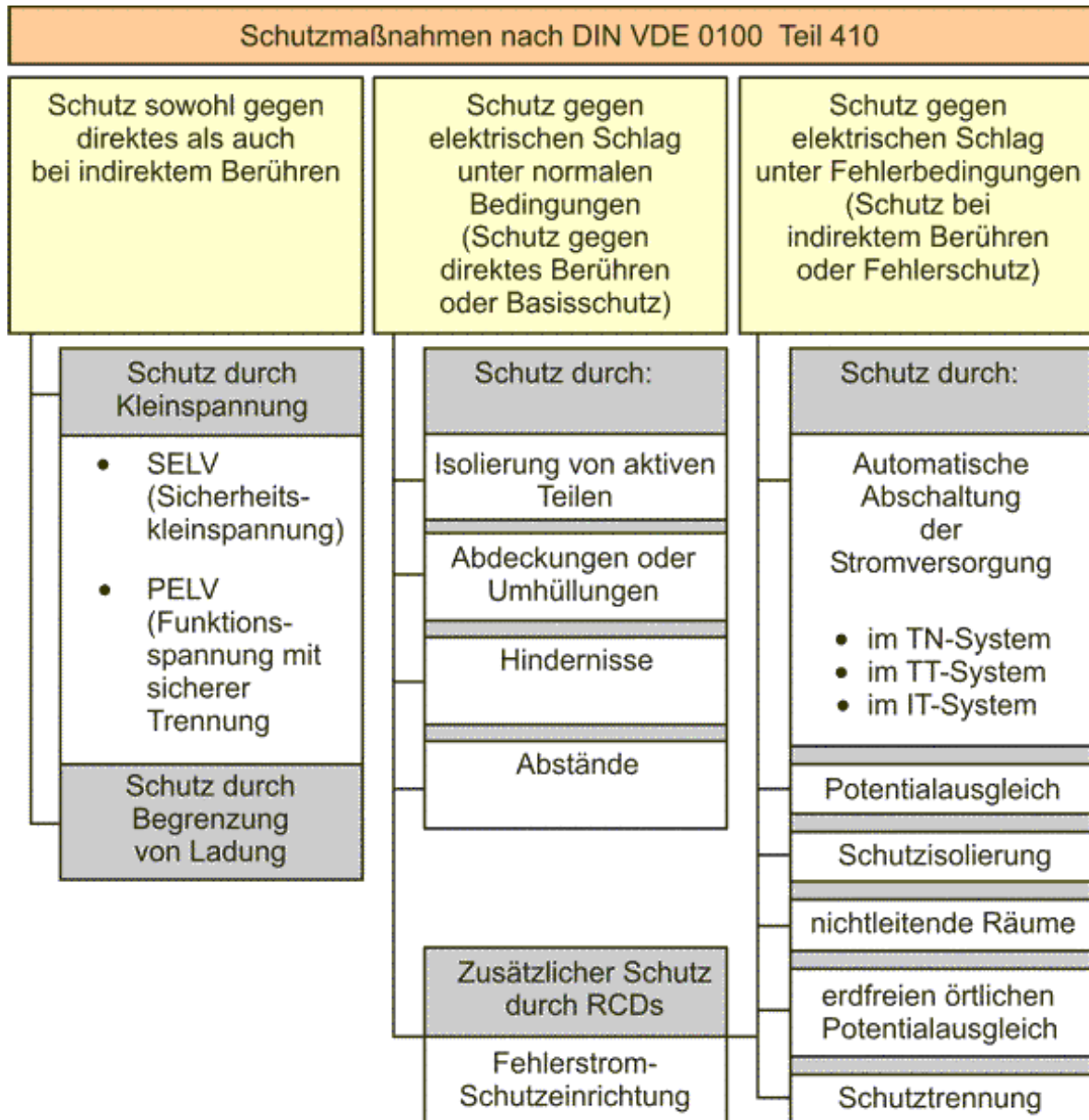
1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Dies sind die Grundzüge für Arbeiten an elektrischen Anlagen und finden sich in der *DIN VDE 0105 – 100* wieder.

6 Schutz gegen elektrischen Schlag

Wie kann jetzt ein konkreter Schutz realisiert werden? Es gilt, gefährliche Berührungsspannungen, die gefährliche Körperströme zur Folge haben können, und Fehlerströme zu vermeiden.

Die „Werkzeugkiste“ sieht folgendermaßen aus, und ist in der *DIN VDE 0100 – 410* niederge-schrieben:



7 Schutzklassen

Zum Schutz gegen elektrischen Schlag werden die Betriebsmittel nach ihrer Konstruktion gegen direktes und indirektes Berühren in 3 Schutzklassen eingeteilt:

Schutzklasse	Kennzeichen	Schutzmaßnahme
I		Schutzerdung
II		Schutzisolierung
III		Schutzkleinspannung (SELV, PELV)

Anmerkung: Die „Schutzklasse 0“ (nur Basisschutz) ist seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts in Deutschland verboten. Jedoch tauchen wieder verstärkt Geräte mit nicht ausreichendem Fehlerschutz in der EU auf. Onlinehandel und Internet leisten dem leider Vorschub.

8 Schutzarten

Bei der Schutzart (vgl. DIN EN 60529) wird wie folgt nach Schutz gegen Fremdkörper und Staub sowie Schutz gegen Nässe unterschieden:

	Schutzart	Kennziffer
Schutz gegen Fremdkörper und Staub	Kein Schutz	IP 0x
	Fremdkörper ≥ 50 mm	IP 1x
	Fremdkörper $\geq 12,5$ mm	IP 2x
	Fremdkörper $\geq 2,5$ mm	IP 3x
	Fremdkörper $\geq 1,0$ mm	IP 4x
	Staubablagerung	IP 5x
	Staubeintritt	IP 6x
Schutz gegen Nässe	Kein Schutz	IP x0
	Tropfwasser senkrecht	IP x1
	Tropfwasser schräg	IP x2
	Sprühwasser	IP x3
	Spritzwasser	IP x4
	Strahlwasser	IP x5
	Überflutung	IP x6
	Eintauchen (Wasserdicht)	IP x7
	Untertauchen (Tauchtiefe .. Atü = .. Meter)	IP x8

Die DGUV 203 - 005 „Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher Betriebsmittel nach Einsatzbedingungen“ empfiehlt für den Einsatz elektrischer Betriebsmittel auf Baustellen im Außenbereich als Schutzart mindestens IP 54 vor, bei Steckvorrichtungen ist IP X4 als Schutzart maßgebend.

9 Fehlerarten

Wir können 4 Fehlerarten unterscheiden: Körperschluss, Kurzschluss, Leiterschluss und Erdschluss.

- *Körperschluss*: ist eine leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen der Betriebsmittel, die durch einen Isolationsfehler entstanden sind.
- *Kurzschluss*: ist eine leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig unter Spannung stehenden Leitern. Im Fehlerstromkreis befindet sich kein Nutzwiderstand.
- *Leiterschluss*: ist eine fehlerhafte Verbindung zwischen Leitern, wenn im Fehlerstromkreis ein Nutzwiderstand oder ein Teil des Nutzwiderstandes liegt.
- *Erdschluss*: entsteht bei einer Verbindung eines Außenleiters oder betriebsmäßig isolierten Neutralleiters mit der Erde oder mit geerdeten Teilen.

Bei einem *vollkommenen Schluss* ist der Fehlerwiderstand ca. = 0Ω . *Unvollkommene Schlüsse* haben einen Widerstand, z. B. hervorgerufen durch Rost. Sie sind gefährlicher, da sie oft nicht sofort erkannt werden (Brandgefahr durch Erhitzung).

Ziel der *DIN VDE 0100 – 410* ist, die aufgeführten Fehler durch technische und bautechnische Maßnahmen, *gefährliche Berührungsspannungen* und *Körperströme*, sowie *Fehlerströme* zu vermeiden und zu verhindern.

Beispiele:

- Ist ein Endgerät mit einem Schutzleiter ausgestattet (SK I), so ist das Schutzziel entsprechend der DIN VDE 0100 – 410, den gefährlichen Körperstrom über den Schutzleiter abzuleiten und eine automatische Abschaltung der Anlage zu erreichen.
- Besitzt das Endgerät ein doppelt isoliertes Gehäuse (z.B. Kunststoff, SK II), so darf die gefährliche Berührungsspannung das Gehäuse nicht verlassen. Ein Schutzleiter darf nicht angeschlossen sein.
- Wird ein Endgerät mit einer Spannung unter 50 V AC betrieben (SK III), so kann es im Fehlerfall nicht zu einer Gefährdung kommen, da diese Spannung per se (nach DIN VDE 0140, Tabelle Wahrnehmbarkeitsbereiche) nicht gefährlich für den menschlichen Organismus sind. Ein weiterer Fehlerschutz ist nicht erforderlich.

Anmerkung: Es müssen immer 2 voneinander unabhängige Schutzmaßnahmen vorgehalten werden (Redundanz). Als *zusätzlicher Schutz* wird in den meisten Fällen ein *RCD* eingesetzt. In der Veranstaltungstechnik ist ein *zusätzlicher Schutz* Pflicht!

