

Einschränkung des Transports von Personen auf Iceern oder auch beladenen Traktorenanhängern und Wechselzugfahrzeugen. Wo solche Transporte nicht vermeidbar sind, sind die Fahrzeugführer dahingehend zu beeinflussen, daß sie auf schlechten Fahrstrecken, in Kurven und auf starken Gefällstrecken vorsichtig fahren und sich stets ihrer hohen politisch-moralischen Verantwortung für Leben und Gesundheit der von ihnen beförderten Personen bewußt sind.

Abgekuppelte Fahrzeuge auf Schlägen, Höfen oder sonstigen Fahrstrecken sind so zu sichern, daß sie sich durch eigene Last oder äußere Einflüsse nicht in Bewegung setzen können.

Bei der Beladung der Fahrzeuge ist darauf zu achten, daß das Ladegut gleichmäßig auf der Ladefläche verteilt und entsprechend der Struktur des Ladegutes Vorsorge getroffen wird, daß es nicht rutschen, umfallen oder herabfallen kann. Überstehende Teile der Ladung sind entsprechend kenntlich zu machen.

Konstrukteure und Hersteller dieser Fahrzeuge sollten bemüht bleiben, nachfolgende Hinweise bald zu realisieren:

Traktorenanhänger mit gleitsicheren Aufritten bzw. Aufstiegen und Haltegriffen ausrüsten, damit sie von Werkstätten leicht und gefahrlos bestiegen werden können (Bild 2 und Bild 3).

Bei der Produktion von Wechselzuganhängern ab sofort bei der Neuproduktion die Aufritte in einer solchen Ausführung gestalten, daß ein Abrutschen mit dem Fuß von der Auftrittsfläche beim Aufsteigen auch bei ungünstigen äußeren Einflüssen ausgeschlossen wird.

Für eine ausreichende Bereitstellung von Ersatzzügen und automatischen Kupplungen einschließlich der dafür erforder-

lichen Ersatzteile Sorge tragen, damit die Produktionsbetriebe der Landwirtschaft Züge und Kupplungen, die der Sicherheit nicht mehr entsprechen, schnell instand setzen oder gegen neue auswechseln können.

Eine Kupplung für Traktoren ist zu entwickeln, die einerseits universell den Forderungen der landwirtschaftlichen Praxis entspricht, vor allem darf sie kein Hindernis für Aubbangeräte sein. Sie soll eine robuste Bauart und möglichst wenig Verschleißteile haben. Andererseits soll sie eine automatische Verriegelung beider Fahrzeuge sowie eine optimale Sicherheit im Verkehr gewährleisten.

Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag ist nur ein kleiner Teil der umfangreichen Problematik des Arbeitsschutzes auf dem Gebiet des landwirtschaftlichen Transports behandelt worden, der seit Jahren und auch heute noch Unfallsschwerpunkt Nr. 1 darstellt. Viele Aufgaben, die hier nicht angesprochen werden konnten, sind in den Betrieben der Landwirtschaft noch zu lösen, um die mit Transportaufgaben Beauftragten in Zukunft wirkungsvoll vor Gesundheitsschäden zu schützen und ihnen immer mehr die noch schwere körperliche Arbeit abzunehmen. Es braucht deshalb an dieser Stelle die große politische und ökonomische Bedeutung all dieser Maßnahmen nicht noch einmal besonders hervorgehoben zu werden. Wichtig ist, daß auch auf diesem Gebiet so schnell wie möglich die Einheit zwischen Planung, Produktion und Gesundheits- und Arbeitsschutz hergestellt wird.

Literatur

- [1] MÜHREL, K.: Probleme des außerbetrieblichen Güterumschlags in der Landwirtschaft. Dtsch. Agrartechnik (1963) H. 10, S. 470 A 5837

Kapazitive Beeinflussung landwirtschaftlicher Großgeräte

Dipl.-Ing. J. DEWALD, KDT*

1. Aufgabenstellung

Im Bereich von 220- und 380-kV-Hochspannungsleitungen nehmen infolge der kapazitiven Beeinflussung alle nichtgeerdeten metallischen Gegenstände eine Spannung an, die bei noch zulässiger Annäherung an die Leitungen bis zu 20 kV betragen kann. Diese Spannungen können für Mensch und Tier gefährlich sein, es ist deshalb notwendig, sie besonders an landwirtschaftlichen Großgeräten und Weidezäunen sowie an größeren Kraftfahrzeugen, die sich im Einflußbereich der Hochspannungsleitungen befinden, abzuleiten.

In der Vergangenheit sind wiederholt Fälle bekannt geworden, bei denen die Spannungen an Fahrzeugen (z. B. Mähdrescher, Futterwagen usw.) so groß waren, daß schmerzhaftes Empfinden bzw. Erschrecken bei den Menschen aufgetreten ist. Von der Hauptsicherheitsinspektion des Volkswirtschaftsrates, Abt. Energie, wurde das Institut für Energetik beauftragt, diese Erscheinungen näher zu untersuchen. Die Messungen wurden mit Unterstützung der LPG „7. Oktober“ Schenkenberg, Kreis Delitzsch, durchgeführt. Hier und an anderer Stelle wurde bereits früher über kapazitive Aufladungen unter Hochspannungsleitungen, deren Ursachen und Messungen berichtet [1] [2], so daß heute darauf verzichtet werden kann. Das Schwergewicht soll in diesem Rahmen vielmehr auf den gesammelten Erfahrungen über die Auswirkung der Ableitströme von kapazitiven Aufladungen auf den Menschen sowie der damit zusammenhängenden Unfallverhütung liegen.

2. Die Auswirkungen des Stromes auf den Menschen

In vielen Arbeiten und Veröffentlichungen sind die Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Organismus untersucht worden [3] [4] [5] [6]. Dabei ist allgemein festzustellen, daß für den Menschen eine Stromstärke bis zu 40 mA Bewußtlosigkeit und Schäden hervorrufen, aber noch nicht

lebensgefährlich sind. In Tafel 1 sind nach ESTORFF und WEBER [4] die physiologischen Reaktionen des Menschen beim Stromfluß Hand — Hand (50-Hz-Wechselstrom) zusammengestellt, Tafel 2 enthält Werte nach BRINKMANN u. a. [3].

Die angegebenen Werte gelten nur allgemein, jeder Mensch reagiert entsprechend seiner Konstitution unterschiedlich auf den elektrischen Strom. So liegt z. B. bei Männern die Grenze, bei der ein Loslassen eines spannungsführenden Teiles gerade noch möglich ist, bei ≈ 10 mA und bei Frauen bei ≈ 6 mA. Hingegen liegt die Empfindlichkeitsschwelle allgemein bei ≈ 1 mA.

Die Ableitströme über den menschlichen Körper beim Berühren kapazitiv aufgeladener Teile sind abhängig von den Übergangswiderständen. Man versteht darunter in diesem Fall einmal den Widerstand zwischen Metalloberfläche und Hand oder Haut und zum anderen den Widerstand zwischen

Tafel 1. Physiologische Reaktionen des Menschen beim Stromfluß Hand — Hand (50-Hz-Wechselstrom) nach ESTORFF und WEBER [4]

Stromstärke [mA]	Wirkung
0 bis 0,9	nicht spürbar
0,9 bis 1,2	gerade an den Berührungsstellen spürbar
1,2 bis 1,6	Kribbeln an der Hand wie von Ameisen
1,6 bis 2,2	Hand eingeschlafen
2,2 bis 2,8	auch im Handgelenk spürbar
2,8 bis 3,5	leichte Handfesseln
3,5 bis 4,5	stärkere Handfesseln
4,0 bis 5,0	krampfartiges Gefühl in den Händen
4,5 bis 5,5	Krampf im Unterarm
5,0 bis 7,0	leichter Krampf im Oberarm
6,0 bis 8,0	Hände steif und verkrampft
8,0 bis 9,5	Krampf im Oberarm
10,0	recht unangenehm, allgemeiner Krampf
11,0 bis 12,0	erster Krampf in der Schulter
13,0 bis 15,0	Schmerzen kaum noch erträglich, Loslassen nur unter größter Anstrengung
15,0	Loslassen nicht mehr möglich
20,0	in der Regel für den Menschen gesundheitsschädlich, wenn das Herz in der Strombahn liegt

* Institut für Energetik Leipzig

Tafel 2. Physiologische Reaktionen des Menschen beim Stromfluß Hand — Hand (50-Hz-Wechselstrom) nach BRINKMANN [3]

Stromstärke [mA]	Wirkung
0.01 bis 1	geringe Muskelkontraktion in den Fingern Nervenschütterungen in den Fingern bis zum Unterarm
1 bis 5	
5 bis 15	lösen des Kontaktes schwer möglich selbständiges Lösen des Kontaktes nicht mehr möglich
15 bis 25	

Erde und menschlichem Körper, der wesentlich durch das Schuhwerk beeinflusst wird.

Es ist schwierig, diese Widerstände und die Haut- und Körperwiderstände allgemein anzugeben, da diese Werte innerhalb weiter Grenzen streuen. Nach FREIBERGER [5] beträgt der Widerstand für Wechselstrom 50 Hz, bei feuchter Haut und einer Berührung Hand — Fuß im Mittel 3000 Ω; als unteren Grenzwert kann man 1000 Ω annehmen. Hingegen beträgt der Körperwiderstand bei durchbrochener Haut zwischen Hand — Hand ≈ 1000 Ω und zwischen Hand — Fuß ≈ 750 Ω. Dieser Körperinnenwiderstand kann mit etwa 1000 Ω allgemein angegeben werden.

Der elektrische Widerstand der Haut dagegen ist bei den Menschen sehr verschieden. Er hängt ab von Stärke, Feuchtigkeit und Beschaffenheit der Hautoberfläche. Aus diesem Grunde ist das Empfinden bzw. Reagieren der Menschen beim Berühren von spannungsführenden Teilen unterschiedlich.

In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, daß bereits Spannungen von 110 bzw. 220 V für den Menschen tödlich wirken können. Vielfach kann man feststellen, daß ein großer Personenkreis, darunter auch Elektromonteur, der Ansicht ist, Spannungen bis 220 V seien für den Menschen ungefährlich. Folgendes Beispiel soll diese falsche Meinung widerlegen.

Bei Berühren einer Wechselspannung von 220 V mit trockener und unbeschädigter Haut fließt im ersten Moment ein geringer Strom, der meist ungefährlich ist. Hingegen bei feuchter Haut und Nagelschulen kann der Stromfluß bereits 75 mA betragen. Der Widerstand der Haut verändert sich bei Stromdurchfluß, so daß bereits nach 3 s der Hautdurchbruch erfolgt und somit nur noch der Körperinnenwiderstand von rd. 1000 Ω wirksam wird. Nach dem Ohmschen Gesetz $U = R \cdot I$ ergibt sich ein Strom I von 220 mA. Der unmittelbar lebensgefährliche Strom von 80 bis 100 mA wird in diesem Fall schon nach 1 bis 2 s Stromeinwirkung überschritten. Bei verletzter Haut steigt der Strom beim Berühren spannungsführender Teile sofort auf seinen Endwert an. Ist es nicht möglich, die Strombahn schnell zu unterbrechen, so ist der Tod unabwendbar.

Eine direkte Gefahr ist bei kapazitiv aufgeladenen Fahrzeugen und Weidezäunen nicht vorhanden; die gemessenen Ableitströme liegen unterhalb von 6 mA. Jedoch fließt kurzzeitig im Moment des Berührens aufgeladener Teile ein höherer Strom, der aber rasch in Form einer Exponentialfunktion abnimmt. Auch dieser kurzzeitige erhöhte Stromfluß bringt allgemein keinen direkten Schaden für den Menschen mit sich. Allerdings besteht durch Erschrecken und kurzzeitiges Krampfgefühl die Gefahr, z. B. von der Leiter oder vom Fahrzeug zu stürzen.

3. Auswertung der Meßergebnisse und daraus abzuleitende Maßnahmen

3.1. Diskussion der Meßwerte

Die Messungen haben gezeigt (Bild 1), daß mit größer werdender Entfernung von der Leitung die Beeinflussung immer unbedeutender wird. Bei der Einteilung sogenannter Portionsweiden im Bereich der Hochspannungsleitungen soll der Mindestabstand Leitung — Weidezaun von 50 m (gerechnet von Leitungsmitte bzw. Mast) für parallel zur Leitung verlaufende Weidezäune eingehalten werden. Beim senkrechten Verlauf des Zaunes zur Leitung und Kreuzung bei maximalem Durchgang in der Mitte des Spannungsfeldes beträgt die Spannung 800 bis 1000 V. Der Ableitstrom ist unbedeutend (0,5 bis 1 mA) und nur leicht spürbar.

Die Messungen an Fahrzeugen bestätigen, daß auch hier keine direkte Gefahr für den Menschen besteht. Bei trockenem Boden betrug die Spannung am Mähdrescher ≈ 1,2 kV. Als Dauerstrom über einen Widerstand von 2 kΩ wurden 1,2 mA und als kurzzeitiger Strom ≈ 5 mA gemessen. Wegen der auftretenden Schreckwirkung ist es jedoch notwendig, die Aufladungen wirksam abzuleiten.

3.2. Maßnahmen zur Ableitung der kapazitiv übertragenen Spannung

3.2.1. Weidezäune, die parallel zu Höchstspannungsleitungen verlaufen, sind in einem Mindestabstand von jeweils 50 m (gerechnet von Leitungsmitte bzw. Mast) zu errichten. Weidezäune, die senkrecht zur Leitung errichtet werden und diese kreuzen, sind in einem Abstand von ≈ 30 m vom Mast aus zu errichten. Hier ist die Beeinflussung auf Grund der größeren Höhe der Leiter und der abschirmenden Wirkung der geerdeten Maste geringer.

Wenn die genannten Abstände unter keinen Umständen eingehalten werden können, so empfiehlt es sich, die Drahtweidezäune in Abständen von ≈ 30 m zu erden. Von der Erdung ausgenommen sind hier Elektro-Weidezäune.

3.2.2. Grundsätzlich dürfen landwirtschaftliche Fahrzeuge und Großgeräte nicht unter Hochspannungsleitungen abgestellt und repariert werden. — Landwirtschaftliche Fahrzeuge, die im Bereich von 220-/380-kV-Leitungen zum Einsatz gelangen, sind durch mehrere Schleppketten zu erden. Diese Erdung mit mehreren Schleppketten ist besonders für Futterwagen, Rübenverziehkarren usw. zu empfehlen.

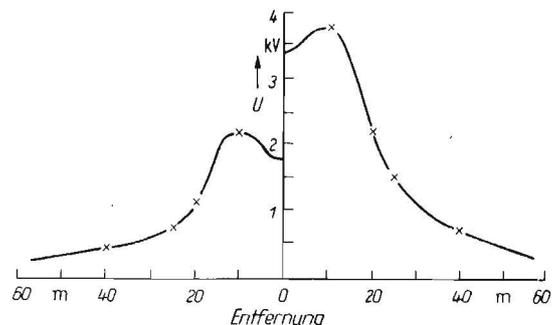
Für die wirksame Ableitung der Spannung am Mähdrescher ist es bei ausgetrocknetem Boden (Erntezeit) und Arbeiten im Bereich der 380-kV-Hochspannungsleitungen zweckmäßiger, diesen zusätzlich über eine nachschleppende Egge zu erden. Die bereits am Mähdrescher vorhandene Kette dient zur Ableitung der elektrostatischen Aufladung, die durch den Riemenantrieb verschiedener Aggregate des MD bedingt ist. Zur wirksamen Ableitung der kapazitiv übertragenen Spannung genügt diese eine Kette nicht, da sie z. B. beim Befahren der Stoppeln nicht immer leitend mit dem Erdboden in Verbindung steht.

Tafel 3. Zulässige Annäherungen an spannungsführende Teile nach VDE 0105, Teil 1/11.60

Nennspannungen [kV]	zulässige Annäherung [m]
1 bis 45	1,50
über 45 bis 110	2,00
über 110 bis 150	2,30
über 150 bis 220	2,85
über 220 bis 300	3,10
über 300 bis 400	4,00

Bild 1. Kapazitive Beeinflussung des Weidezauns durch Hochspannungsleitungen mit 220-kV- (links) und 380-kV-Spannung (rechts); Länge des Weidezauns ≈ 100 m, Verlauf des Weidezauns parallel zur Leitung, Werte für $R = 2 \text{ k}\Omega$:

maximaler Dauerstrom bei 380 kV ≈ 1,8 mA
 maximaler Dauerstrom bei 220 kV ≈ 1,0 mA
 kurzzeitiger Strom bei 380 kV ≈ 5,0 mA
 kurzzeitiger Strom bei 220 kV ≈ 2,8 mA



3.2.3. Beim Unterfahren von Hochspannungsleitungen mit MD und Erntewagen darf mit Gabeln, Schaufeln u. ä. auf diesen Fahrzeugen nicht gearbeitet werden, da infolge der Unterschreitung der Schutzabstände das Arbeitspersonal äußerst gefährdet ist (Tafel 3). Aus diesem Grund wird empfohlen, die Erntearbeiten nicht entlang der Leitung, sondern senkrecht zur Leitung durchzuführen. Dadurch ist immer nur ein kurzer Aufenthalt unter der Leitung gegeben.

4. Zusammenfassung

Im Bereich von Hochspannungsleitungen, besonders die mit Spannungen von 380 kV und darüber betrieben werden, tritt eine kapazitive Aufladung aller gegen Erde isolierter metallischer Gegenstände auf. Durch zufälliges Berühren solcher Gegenstände — in der Hauptsache sind es Fahrzeuge — durch Menschen wird die Ladung über den Körper nach Erde abgeleitet. Die fließenden Ströme sind zwar keine direkte Gefahr für Mensch und Tier, jedoch infolge des Erschreckens

können dann Unfälle (z. B. Absturz vom Fahrzeug, Durchgehen von Pferden usw.) verursacht werden.

Bei Einhaltung eines Mindestabstands zwischen Leitung und Weidezaun bzw. durch Anbringen mehrerer Schleppketten an Fahrzeugen läßt sich diese Beeinflussung verringern bzw. beseitigen.

Literatur

- [1] STREUBEL, H./REISSMANN, A.: Kapazitive Aufladung von Menschen und metallischen Gegenständen. *Elektric* (1964) H. 4, S. 29 bis 34
- [2] REISSMANN, A.: Kapazitive Aufladung von landwirtschaftlichen Geräten und Maschinen unter Hochspannungsleitungen. *Deutsche Agrartechnik* (1963) H. 12, S. 562
- [3] BRINKMANN, K., u. a.: Über die Gefahren des elektrischen Stromes. *CEIG-Bericht* 5 (1959) S. 256 bis 272
- [4] ESTORFF, W. und WEBER, W.: Abspritzen von Hochspannungsisolatoren im Betrieb. *ETZ* 61 (1940) Nr. 36, S. 817 bis 822
- [5] FREIBERGER, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Springer-Verlag, Berlin 1934
- [6] LÜBL, O.: Messungen über die tödliche Stromstärke. *ETZ-A* 80 (1959) Nr. 4, S. 97 bis 99 A 5815

Sicherheit beim Umgang mit elektrischen Anlagen in der Landwirtschaft

Dipl.-Ing. H. RÖSSNER, KDT*

Mit zunehmender Mechanisierung der Landwirtschaft ist eine Steigerung der Zahl der Anschlußstellen, der Anschlußwerte und des Elektroenergieverbrauchs festzustellen. Besonders durch die wachsende Bedeutung der Innenwirtschaft ist in den nächsten Jahren mit einem Ansteigen des spezifischen Elektroenergieverbrauchs bis auf durchschnittlich 400 kW/ha LN zu rechnen.

Leider ist mit der Elektroenergieanwendung Unfall- und Brandgefahr verbunden. Weil in der landwirtschaftlichen Praxis die Arbeitssicherheit beim Umgang mit der Elektroenergie oft ungenügend beachtet wird, erscheint es notwendig, erneut auf einige Gesichtspunkte der unfallfreien Elektroenergieanwendung hinzuweisen. Es sei erwähnt, daß nach einer für die DDR aufgestellten Übersicht in den Jahren 1961 bis 1963 in der Landwirtschaft jeder zehnte Elektrounfall tödlich verlief. Hingegen hatte nur jeder zwanzigste Betriebs- elektrounfall tödlichen Ausgang, d. h. in der Landwirtschaft ist bei Elektrounfällen der Anteil der Todesfälle doppelt so hoch wie in den anderen Wirtschaftszweigen [1].

Nach Angaben der Abteilung Feuerwehr des Bezirkes Dresden wurden in den letzten Jahren etwa 10 % aller Brände, bei denen die Feuerwehr im Einsatz war, durch fehlerhaften Umgang mit elektrischen Anlagen verursacht. Der materielle Schaden war dabei beträchtlich [2].

Grundsätzlich sind Elektrounfälle vermeidbar, denn ein Großteil dieser Unfälle wird durch Fahrlässigkeit verursacht. Die Gefährlichkeit einer unmittelbaren Berührung mit der Elektrizität wird oft unterschätzt, weil der Mensch kein Sinnesorgan hat, mit dem er die Elektrizität unmittelbar wahrnehmen kann. Sie ist nur indirekt an ihren Wirkungen zu erkennen, die chemischer, thermischer oder mechanischer Natur sein können.

Berührung mit stromführenden Leitungen ist lebensgefährlich

Es sei ein Vergleich einer Elektroleitung mit einer Wasserleitung gestattet. Die Isolation der Elektroleitung kann mit dem Wasserrohr verglichen werden. Bekommt ein Wasserrohr, das unter Druck steht, nachdem es jahrelang seinen Dienst zur vollen Zufriedenheit getan hat, plötzlich ein Loch, wird meist die schadhafte Stelle an dem heraus-spritzenden Wasser sofort erkannt, und es ist natürlich, daß jeder schnellstens bemüht ist, die Leitung abzustellen. Handelt es sich dagegen um eine elektrische Leitung, werden in der Praxis häufig schadhafte Stellen nicht beachtet. Elektroleitungen,

die „unter Druck“, d. h. unter lebensgefährlicher Spannung stehen, wird nicht die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt. Vorhandene Isolationsmängel werden ignoriert.

Kleine Schäden können verheerende Wirkung haben. Zum Beispiel ist ein Unfall bekannt geworden, bei dem sich ein Arbeiter ein Anschlußkabel eines Strohgebläses um den Körper schlang, um es vorwärts zu ziehen. Eine durchgeschauerte Stelle des Kabels berührte dabei den Hals des Arbeiters. Das Kabel war an der Zuleitung angeschlossen und der Arbeiter verunglückte tödlich. Vorher wurde leider das fehlende Stückchen Gummi, die kleine Ursache des Unfalles, nicht beachtet.

Ein weiteres Beispiel sei genannt. In einer LPG-Gemeinschaftsküche schloß eine Frau einen Tauchsieder, der in einem Aluminiumtopf mit Wasser stand, an eine Steckdose an. Als sie mit einer Hand den Kochtopf, mit der anderen den geerdeten Küchenherd berührte, verunglückte sie. Der Tauchsieder hatte Gehäuseschluß, und die Frau leitete den Fehlerstrom vom Kochtopf über ihren Körper zum geerdeten Küchenherd. Dieser Unfall wäre bei Verwendung einer schutzgeerdeten Schukosteckdose nicht eingetreten.

Es erscheint notwendig, einen immer noch verbreiteten Irrtum zu klären. Manche Menschen behaupten, sie könnten allerhand elektrischen Strom vertragen. Begründet werden solche Annahmen mit persönlichen Erfahrungen, bei denen der Betreffende Glück hatte und bei einer Berührung mit gefährlicher Spannung keinen Schaden erlitt.

Grundsätzlich sind Mensch und Tier Leiter für den elektrischen Strom. Im Gegensatz zu metallischen Leitern, wo bei festgelegten Bedingungen jeder elektrische Widerstand genau definiert ist, variiert bei Lebewesen der elektrische Widerstand in weiten Grenzen. Er hängt ab von der Beschaffenheit der Haut, von der Frequenz und der Höhe der Spannung. Außerdem ist der Widerstand innerhalb des Körpers sehr verschieden, z. B. zwischen beiden Händen oder zwischen Hand und Fuß. Da für die Ermittlung des Körperwiderstandes auch Kleidung und Standort wichtig sind, ist es offensichtlich, daß nicht jede Berührung mit Elektrizität die gleichen Folgen hat.

Entscheidend für die Gefährdung eines mit Elektrizität in Berührung kommenden Menschen ist die Stärke des durch seinen Körper fließenden Stroms sowie der Weg, den sich der Strom sucht.

Bei Wechselstrom sind nach dem Grad der Gefahr drei Bereiche zu unterscheiden [3]:

Im ersten Bereich, bei dem ein Strom bis zu 25 mA fließt, treten Muskelkrämpfe auf.

* Institut für Landtechnische Betriebslehre der TU Dresden