

D-A-CH - Sitzung, Lindau, DE
22.-23. August 2013

***Der Begriff „Elektrischer Schlag“ in der
internationalen Normung***
Mögliche Auswirkungen auf künftige Schutzkonzepte für Niederspannungsanlagen
(verbesserte Fassung 25.8.2013)

Ein Diskussionsbeitrag

Alfred Mörx



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

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



Inhalt

1	EINLEITUNG	3
2	GESETZLICHE GRUNDLAGEN DER ELEKTROTECHNISCHEN SICHERHEIT	3
2.1	Energiewirtschaftsgesetz (D).....	5
2.2	Elektrotechnikgesetz und Elektrotechnikverordnung (AT).....	5
2.3	Elektrizitätsgesetz und Starkstromverordnung (CH).....	6
3	DER BEGRIFF „ELEKTRISCHER SCHLAG“	7
3.1	International (IEC)	7
3.1.1	Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch	7
3.1.2	IEC 61140.....	7
3.2	VDE 0100 (D)	8
3.3	ÖVE/ÖNORM E 8001 (AT).....	8
3.4	NIN 2010 (CH).....	8
3.5	Physiologische Wirkungen	8
4	SCHLUSSBETRACHTUNG.....	10
5	LITERATURVERZEICHNIS.....	12
6	ANHANG.....	13

Zum Autor:

Eur.Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx, ÖVE, IEEE Section Reliability, Inhaber von diam-consult, Ingenieurbüro für Physik, 1110 Wien; Vorsitzender des Technischen Komitees *Elektrische Niederspannungsanlagen* sowie des Technischen Sub Komitees *IS 23 E Schutzschalter* des ÖVE. www.diamcons.com; E-Mail: am@diamcons.com



1 Einleitung

Dieser Diskussionsbeitrag versucht, in verdichteter Form, eine Auseinandersetzung mit dem Begriff des „Elektrischen Schlages“ wie er heute in der internationalen und nationalen Normung der Länder D, A und CH für Niederspannungsanlagen verwendet wird.

Eine Auseinandersetzung, die auch bewusst machen soll, wie stark wir den - grundsätzlich sehr weit gefassten Begriff des elektrischen Schlages - auf die die Betrachtung des Herzkammerflimmerns einengen und die Schutzkonzepte in Niederspannungsanlagen auf diesen engen Begriff fokussieren.

Die Betrachtung wird um ein Schlaglicht auf die in den Gesetzen und Verordnungen der drei Länder enthaltenen grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit von Niederspannungsanlagen erweitert. Diese Anforderungen liegen teilweise noch über der Forderung der Vermeidung des elektrischen Schlages bzw. der Einhaltung von klassischen „technischen Normen“. Dies hat auch, oder besser gesagt vor allem, für das planende, ausführende und prüfende Elektrohandwerk schon heute, aber auch für die Setzung von Schwerpunkten in künftigen Normungsprojekten, große Bedeutung.

Der vorliegende Beitrag basiert auf Grundlagenarbeiten des Verfassers und ist als Anregung für weitere Diskussionen zur Entwicklung wirkungsvoller Schutzkonzepte in elektrischen Niederspannungsanlagen gedacht.

2 Gesetzliche Grundlagen der elektrotechnischen Sicherheit

Nationale Gesetze und Verordnungen legen das in den elektrischen Niederspannungsanlagen zu erreichende (Mindest-) Niveau der elektrotechnischen Sicherheit fest.

Die Inhalte dieser Gesetze und Verordnungen stellen verbindliche, grundlegende Anforderungen an die elektrotechnische Sicherheit von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln dar.

Durch sie wird das durch Ausführung der Anlagen zu erreichende (und während des Betriebs zu erhaltende) *höchste vertretbare Risiko (tolerable risk¹)*, bezogen auf Gefährdungen von Menschen und Nutztieren durch elektrischen Schlag, festgelegt.

¹ Quelle: ISO/IEC Guide 51: Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards; Second Edition 1999

Tolerable risk: risk which is accepted in a given context based on the current values of society. Tolerable risk is



In den Abschnitten 2.1, 2.2 und 2.3 dieses Beitrags werden wesentliche Textabschnitte aus dem für die elektrotechnische Sicherheit relevanten Gesetzeswerken der Länder D, A und CH zitiert.

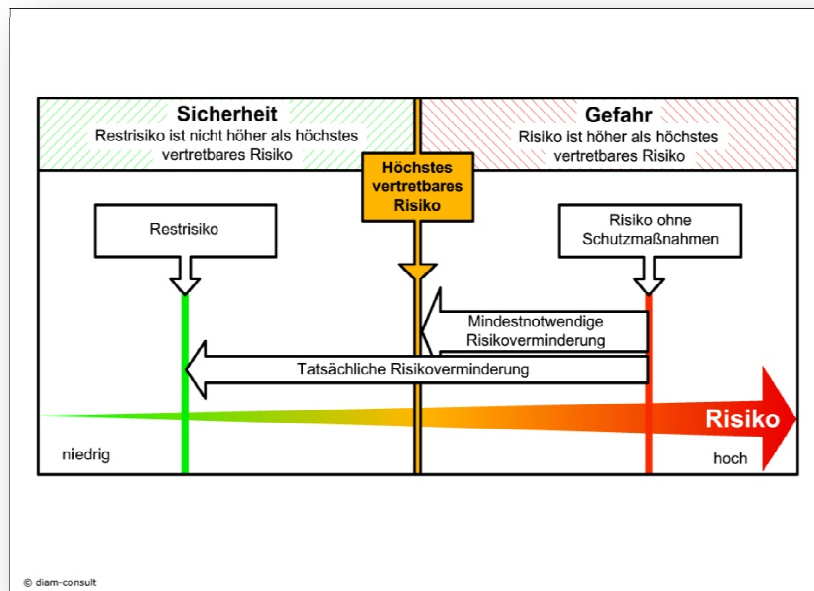


Bild 2-1 Sicherheit und Gefahr; zum Begriff des höchsten vertretbaren Risikos

In allen drei Ländern wird dabei einer bestimmten Gruppe von anerkannten Regeln der Technik eine besondere, *jedoch keine absolute* Nachweiskraft für die Erfüllung dieser grundlegenden Anforderungen eingeräumt.

Auf einen Themenbereich wird in diesem Diskussionsbeitrag bewusst nicht eingegangen: Das höchste vertretbare Risiko stellt definitionsgemäß eine *gesellschaftliche Vereinbarung* dar. Damit kann es, und gibt es tatsächlich, je nach „Gesellschaft“ die das höchste vertretbare Risiko festlegt, *unterschiedliche Sichtweisen* hinsichtlich der zur Erreichung des höchsten vertretbaren Risikos notwendigen (Schutz-) Konzepte. Eine Vielzahl von Meinungsunterschieden - bei dem Versuch *international gültige Normenwerke* zu schaffen - entstehen daraus gleichsam „definitionsgemäß“.

achieved by the iterative process of risk assessment (risk analysis and risk evaluation) and risk reduction. Tolerable risk is determined by the search for an optimal balance between the ideal of absolute safety and the demands to be met by a product, process or service, and factors such as benefit to the user, suitability for purpose, cost effectiveness, and conventions of the society concerned.

It follows that there is a need to review continually the tolerable level, in particular when developments, both in technology and in knowledge, can lead to economically feasible improvements *to attain the minimum risk compatible* with the use of a product, process or service.



2.1 Energiewirtschaftsgesetz (D)

Der Teil 6 des Energiewirtschaftsgesetzes² (EnWG) enthält zum Thema Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung im § 49 Anforderungen an Energieanlagen³.

Nachstehend der Text im Wortlaut (Hervorhebungen durch den Autor):

- (1) Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.
- (2) Die *Einhaltung* der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von
 1. Elektrizität die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.,
 2. Gas die technischen Regeln der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.eingehalten worden sind.

2.2 Elektrotechnikgesetz und Elektrotechnikverordnung (AT)

Der Paragraph 3 des österreichischen Elektrotechnikgesetzes⁴ (ETG-1992) enthält eine entsprechende Formulierung hinsichtlich der Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiete der Elektrotechnik.

Nachstehend der Text im Wortlaut (Hervorhebungen durch den Autor):

§ 3. (1) Elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen sind innerhalb des ganzen Bundesgebietes so zu errichten, herzustellen, instandzuhalten und zu betreiben, dass ihre Betriebssicherheit, die Sicherheit von Personen und Sachen, ferner in ihrem Gefährdungs- und Störungsbereich der sichere und ungestörte Betrieb anderer elektrischer Anlagen und Betriebsmittel sowie sonstiger Anlagen gewährleistet ist. Um dies zu gewährleisten, ist gegebenenfalls bei Konstruktion und Herstellung elektrischer Betriebsmittel nicht nur auf den normalen Gebrauch, sondern auch auf die nach vernünftigen Ermessen zu erwartende Benutzung Bedacht zu nehmen. In anderen Rechtsvorschriften enthaltene Bestimmungen über den Schutz des Lebens und der Gesundheit von Personen werden durch diese Bestimmungen nicht berührt.

§ 3. (2) Im Gefährdungs- und Störungsbereich elektrischer Anlagen und elektrischer Betriebsmittel sind jene Maßnahmen zu treffen, welche für alle aufeinander einwirkenden

² Deutsches Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das durch Artikel 5 Absatz 1 des Gesetzes vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1738) geändert worden ist

³ Energieanlagen im Sinne des § 3, Abschnitt 15, EnWG 2005 sind Anlagen zur Erzeugung, Speicherung, Fortleitung oder Abgabe von Energie, soweit sie nicht lediglich der Übertragung von Signalen dienen. Dies schließt die Verteileranlagen der Letztverbraucher sowie bei der Gasversorgung auch die letzte Absperreinrichtung vor der Verbrauchsanlage ein.

⁴ Österreichisches 106. Bundesgesetz über Sicherheitsmaßnahmen, Normalisierung und Typisierung auf dem Gebiete der Elektrotechnik (Elektrotechnikgesetz 1992 - ETG 1992); BGBl. 45/1993 vom 12. Februar 1993



elektrischen und sonstigen Anlagen sowie Betriebsmittel zur Wahrung der elektrotechnischen Sicherheit und des störungsfreien Betriebes erforderlich sind.

Im Paragraph 5 der Elektrotechnikverordnung 2002⁵ ist jedoch die – im Zusammenhang mit dem § 3 ETG-1992 - wesentliche Frage, unter welchen Umständen eine elektrische Anlage oder ein elektrisches Betriebsmittel als sicher gilt, beantwortet.

Nachstehend der Text im Wortlaut (Hervorhebungen durch den Autor):

§ 5. (1) Elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen entsprechen den Erfordernissen des § 2 und des § 3 Abs. 1 und 2 ETG 1992

1. unter den im allgemeinen zu erwartenden örtlichen oder sachlichen Verhältnissen immer,
2. unter besonderen örtlichen oder sachlichen Verhältnissen, sofern diese in den SNT-Vorschriften berücksichtigt worden sind,

wenn sie den jeweils für sie in Betracht kommenden SNT-Vorschriften⁶ entsprechend hergestellt, errichtet, in Verkehr gebracht, instand gehalten und betrieben werden.
Andernfalls sind zur Erfüllung der Erfordernisse des ETG 1992 den besonderen örtlichen oder sachlichen Verhältnissen jeweils Rechnung tragende Maßnahmen zu treffen.

2.3 Elektrizitätsgesetz und Starkstromverordnung (CH)

Das Elektrizitätsgesetz⁷ in Verbindung mit der Verordnung über elektrische Starkstromanlagen⁸ regelt Erstellung, Betrieb und Instandhaltung von elektrischen Starkstromanlagen⁹. Der 1. Abschnitt des 2. Kapitels dieser Starkstromverordnung enthält Anforderungen an die Sicherheit.

Nachstehend der Text im Wortlaut (Hervorhebungen durch den Autor):

Starkstromanlagen und die daran angeschlossenen elektrischen Einrichtungen müssen nach den Vorschriften dieser Verordnung und den anerkannten Regeln der Technik erstellt, geändert, instandgehalten und kontrolliert werden. Sie dürfen bei bestimmungsgemäßem Betrieb oder Gebrauch sowie in voraussehbaren Störfällen weder Personen noch Sachen gefährden. Wo diese Verordnung keine Vorschriften enthält, gelten die anerkannten Regeln der Technik.

⁵ Österreichisches Bundesgesetzblatt BGBl. II Nr. 222/2002, Elektrotechnikverordnung 2001 - ETV 2002

⁶ Anerkannte Regeln der Technik für Sicherheit, Normalisierung und Typisierung; die in Österreich mittels Verordnung zur Anwendung vorgeschriebenen ÖVE/ÖNORMEN und ÖNORMEN.

⁷ Schweizer Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz, EleG) vom 24. Juni 1902 i.d.F. vom 1. August 2008

⁸ Verordnung des Schweizerischen Bundesrates über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung) vom 30. März 1994 i.d.F. 1. Juli 2012

⁹ Eine Starkstromanlage ist nach Artikel 2 Absatz 2 Elektrizitätsgesetz eine elektrische Anlage zur Erzeugung, Transformierung, Umformung, Fortleitung, Verteilung und Gebrauch der Elektrizität, die mit Strömen betrieben wird oder bei der in voraussehbaren Störfällen Ströme auftreten, die Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können.



Als anerkannte Regeln der Technik gelten insbesondere die Normen von IEC und CENELEC. Wo international harmonisierte Normen fehlen, gelten die schweizerischen Normen.

Bestehen keine spezifischen technischen Normen, so sind sinngemäß anwendbare Normen oder allfällige technische Weisungen zu berücksichtigen.

3 Der Begriff „Elektrischer Schlag“

Die Inhalte der anerkannten Regeln der Technik (aRdT) als Nachweisdokumente für die Einhaltung der grundlegenden Anforderungen an die elektrotechnische Sicherheit besitzen demnach eine große Bedeutung (siehe Abschnitt 2). Im Zusammenhang mit den Gefahren, die von der Anwendung elektrischer Energie ausgehen, kommt in diesen aRdTs dem Begriff des „Elektrischen Schlages“ („Electric Shock“) eine zentrale, wichtige Bedeutung zu.

Schutzkonzepte für elektrische Niederspannungsanlagen (unabhängig davon, ob sie zwei- oder mehrstufig aufgebaut sind) werden mit dem Ziel erstellt (und in den anerkannten Regeln der Technik dokumentiert), Personen und (Nutz-) Tiere vor den Gefahren eines „Elektrischen Schlages“ zu schützen, oder (zumindest) wirksame Maßnahmen anzugeben, die das Risiko eines elektrischen Schlages vermindern.

Der Begriff des elektrischen Schlages ist in seiner internationalen Definition jedoch sehr umfassend. In den folgenden Abschnitten sind Definitionen zusammengestellt, wie sie derzeit in den internationalen und nationalen (hier eingeschränkt auf die Länder D,A, und CH) anerkannten Regeln der Technik verwendet werden.

3.1 International (IEC)

3.1.1 Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch

Electric shock: Physiological effect resulting from an electric current through a human or animal body [IEV¹⁰ 826-12-01]

3.1.2 IEC 61140

*Electric shock*¹¹: Physiological effect resulting from an electric current through a human or animal body.

¹⁰ International Electrotechnical Vocabulary (IEV); IEC 60050; <http://std.iec.ch/iec60050>; 15.7.2013

¹¹ IEC TC 64/1869/CD, 2012-11-09; Protection against electric shock - common aspects for installation and equipment.



NOTE: Physiological effects include e.g. perception, muscular contractions and tetany, difficulty in breathing, disturbances of heart function, immobilization, cardiac arrest, breathing arrest, burns or other cellular damage.

3.2 VDE 0100 (D)

*Elektrischer Schlag*¹²: Physiologische Wirkung, hervorgerufen von einem elektrischen Strom durch den Körper eines Menschen oder Tieres

3.3 ÖVE/ÖNORM E 8001 (AT)

*Schädlicher elektrischer Schlag*¹³: elektropathologische Wirkungen, die vorübergehend oder dauernd die Gesundheit eines Menschen oder Nutztieres beeinträchtigen können. Sekundärwirkungen, wie Schreckreaktionen, z. B. Sturz von einer Leiter, sind ausgenommen.

3.4 NIN 2010 (CH)

Elektrischer Schlag¹⁴: Physiologische Wirkung, hervorgerufen von einem elektrischen Strom durch den Körper eines Menschen oder Tieres.

3.5 Physiologische Wirkungen

Bei Berücksichtigung des Umfanges des Begriffs „physiologische Wirkung¹⁵“, kann vermutet werden, dass die derzeit angewendeten Schutzkonzepte für elektrische Niederspannungsanlagen einige der unter den Begriff „Elektrischer Schlag“ fallenden Wirkungen des Stromes auf die Körper von Personen und Nutztieren *noch nicht ausreichend berücksichtigen*.

Heute als so genannte „Sekundärunfälle“ in Erscheinung tretende Ereignisse infolge von Kontraktionen der unwillkürlichen Muskulatur bei Durchströmung des menschlichen Körpers zählen dazu.

In den letzten Jahren sind Publikationen¹⁶ bekannt geworden¹⁷, die die Vermutung nahelegen, dass das Risiko des Herzkammerflimmerns bei Strömen in bestimmten

¹² VDE 0100-200:2006-06, Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 200: Begriffe, Hauptabschnitt 826, 826-12-01

¹³ ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01, Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutzmaßnahmen), Abschnitt 3.4.5

¹⁴ Niederspannungs-Installationsnorm, NIN 2010, Abschnitt 2.1.12.01

¹⁵ Physiologische Wirkung: Wirkung auf physikalische und biochemische Vorgänge in den Zellen, Geweben und Organen aller Lebewesen unter Einbeziehung des Zusammenwirkens aller Lebensvorgänge im gesamten Organismus.

¹⁶ IEC TC 64/MT17/022/INF, SE Experts document, prepared by Svante Skeppstedt; Overview of issues – touch currents for frequencies at which electric shock hazards are no longer primary und auch IEC SMB/4774/NCP



Frequenzbereichen im Vergleich zu anderen physiologischen Risiken bei Durchströmung in den Hintergrund tritt.

Ausgelöst durch eine Diskussion im Kreise von internationalen Experten¹⁸ zu grundlegenden Fragen des Schutzes gegen elektrischen Schlag im Jahr 2012 ist in Bild 3-1 der Versuch unternommen, die möglichen physiologischen Wirkungen von Durchströmungen des Körpers von Menschen und Tieren näher einzuteilen.

¹⁷ Health Physics 99(6):818-836; 2010; ICNIRP Guidelines, For limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz)

¹⁸ Sitzung des Project Teams IEC TC 64/MT 17, Juli 2012, Berlin.

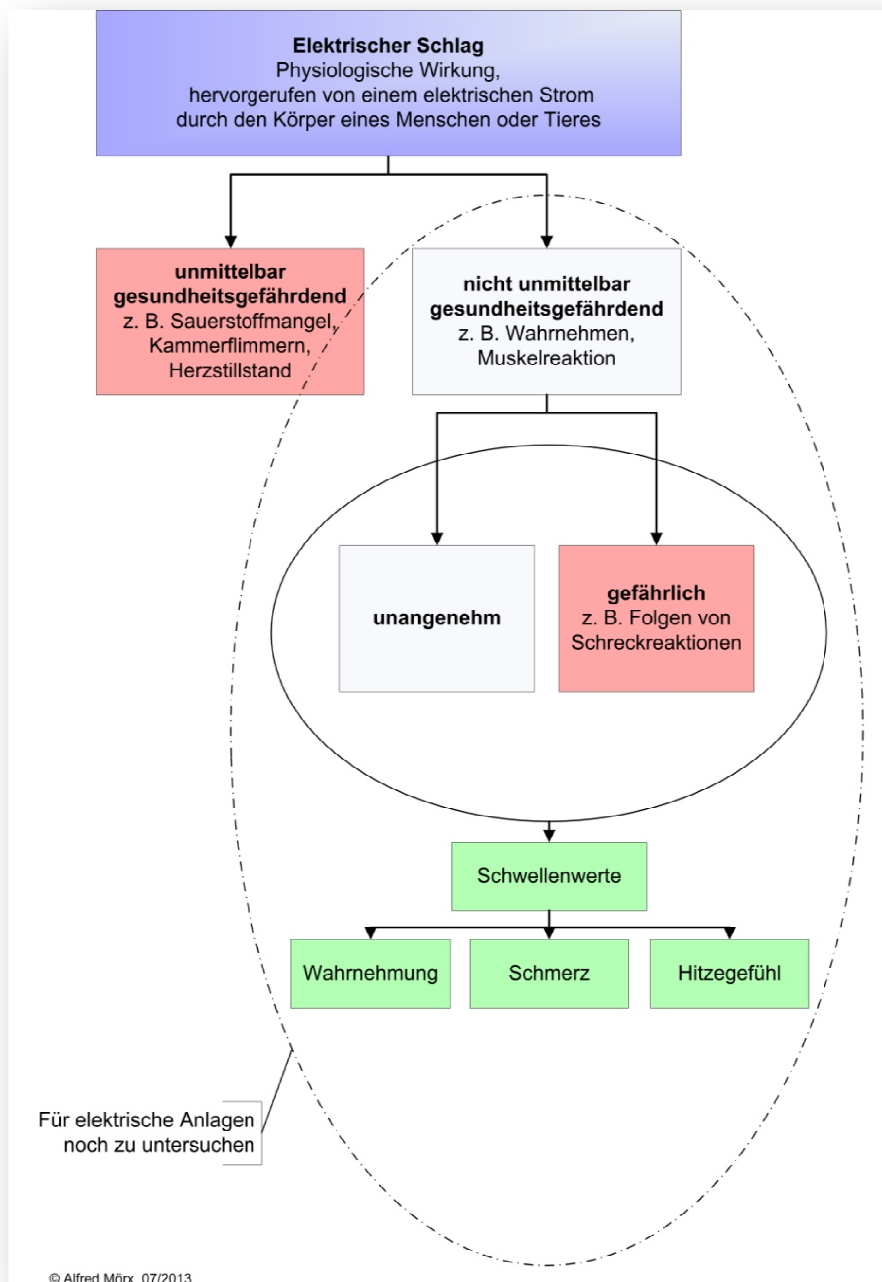


Bild 3-1 Zum Begriff: Elektrischer Schlag; entnommen [1]

Dabei fällt auf, dass auch die nicht unmittelbar die Gesundheit gefährdenden Wirkungen, gefährliche Wirkungen sein können. (Aus Gründen der Vollständigkeit ist im Anhang dieses Dokuments Bild 3-1 auch in einer englischen Sprachfassung angegeben.)

4 Schlussbetrachtung

Bei detaillierter Betrachtung der in den grundlegenden Gesetzen und Verordnungen in den Ländern D, A und CH enthaltenen (Mindest-) Anforderungen an die elektrotechnische



Sicherheit von Niederspannungsanlagen wird klar, dass elektrotechnische Sicherheit nicht auf die Erfüllung von Anforderungen von „technischen Normen“ im engeren Sinn und schon gar nicht ausschließlich auf die Verhinderung des elektrischen Schlages reduziert gesehen werden darf.

Die Anstrengungen der letzten Jahrzehnte, anerkannte Regeln der Technik für den Schutz gegen „elektrischen Schlag“ für Niederspannungsinstallationen zu etablieren, waren zu einem überwiegenden Teil auf den Schutz vor dem (schädlichen) elektrischen Schlag infolge von Herzkammerflimmern orientiert. Dies kann aus heutiger Sicht nur als ein erster, sehr wesentlicher Schritt gesehen werden.

Damit ist es zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen an die Sicherheit bei Planung, Ausführung und Betrieb von Niederspannungsanlagen notwendig, zusätzliche Maßnahmen, über die derzeit im „technischen Normenwerk“ enthaltenen anerkannten Regeln der Technik hinaus, zu setzen.

Andererseits wird bei Vergleich des Umfanges des Begriffs „Elektrischer Schlag“ und der derzeit in den elektrotechnischen Normen für die Errichtung und den Betrieb von Niederspannungsanlagen enthaltenen Bestimmungen zu dessen Vermeidung klar, dass auch hier noch große Felder weitgehend unbearbeitet vor der Fachwelt liegen. Dies betrifft vor allem die Vertiefung des Verständnisses der Wirkungen des Stromes auf Menschen und (Nutz-) Tiere mit dem Ziel in die anerkannten Regeln der Technik klare, praxisgerechte Handlungsanleitungen für die Ausführung von - dem höchsten vertretbaren Risiko angepassten - Schutzsystemen zum Schutz vor den Gefahren des „Elektrischen Schlages“ aufzunehmen.



5 Literaturverzeichnis

- [1] ... Mörx, A.; Zum Begriff: „Elektrischer Schlag“, Grafik; research paper, Juli 2013; dt; unveröffentlicht
- [2] ... SNEN 61140:2002+A1:2006 Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- [3] ... DIN EN 61140 (VDE 0140-1):März 2007; Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- [4] ... ÖVE/ÖNORM EN 61140:2007-05-01; Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- [5] ... IEC 61140:2001+A1:2004; Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment
- [6] ... IEC TC 64/1869/CD, 2012-11-09; Protection against electric shock - common aspects for installation and equipment.
- [7] ... ISO/IEC Guide 51: Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards; Second Edition 1999
- [8] ... IEC TC 64/MT17/022/INF, SE Experts document, prepared by Svante Skeppstedt; Overview of issues – touch currents for frequencies at which electric shock hazards are no longer primary und auch IEC SMB/4774/NCP
- [9] ... VDE 0100-200:2006-06, Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 200: Begriffe, Hauptabschnitt 826
- [10] ... ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01, Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutzmaßnahmen)
- [11] ... Electrosuisse; Niederspannungs-Installationsnorm, NIN 2010
- [12] ... Deutsches Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung, Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das durch Artikel 5 Absatz 1 des Gesetzes vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1738) geändert worden ist
- [13] ... Österreichisches 106. Bundesgesetz über Sicherheitsmaßnahmen, Normalisierung und Typisierung auf dem Gebiete der Elektrotechnik (Elektrotechnikgesetz 1992 - ETG 1992); BGBl. 45/1993 vom 12. Februar 1993
- [14] ... Österreichisches Bundesgesetzblatt BGBl. II Nr. 222/2002, Elektrotechnikverordnung 2001 - ETV 2002
- [15] ... Schweizer Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz, EleG) vom 24. Juni 1902 i.d.F. vom 1. August 2008
- [16] ... Verordnung des Schweizerischen Bundesrates über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung) vom 30. März 1994 i.d.F. 1. Juli 2012



6 Anhang

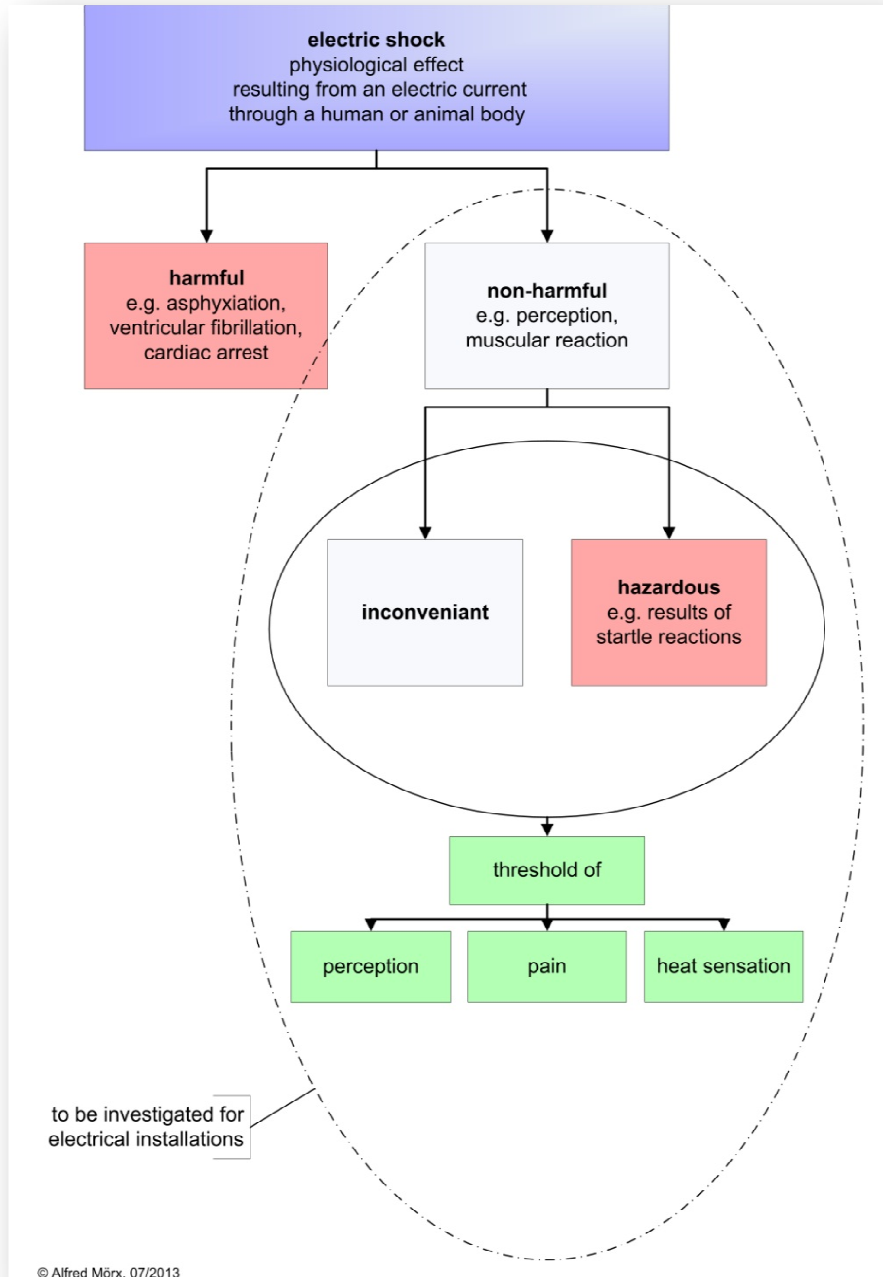


Bild 6-1 The term: „Electric Shock“; extracted [1]