

D-A-CH - Sitzung, Kaprun, AT
28.-29. August 2008

überarbeitete und ergänzte Fassung August 2009

Der Zusatzschutz

die dritte Schutzebene gegen gefährliche Körperströme
als notwendige Maßnahme zur Einhaltung
des höchsten vertretbaren Risikos
in Niederspannungsanlagen

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



Inhaltsübersicht

1	EINLEITUNG.....	3
2	RISIKOÜBERLEGUNGEN UND ZUSATZSCHUTZ.....	4
2.1	Einfluss der Entwicklungen in der FI-Gerätetechnik.....	4
2.2	Anlagen ohne Schutzleiter?	6
2.3	Prinzip der dreifachen Sicherheit.....	8
2.4	Missverständnisse in Theorie und Praxis.....	10
2.4.1	Zweistufiges versus dreistufiges Schutzkonzept	11
2.4.2	Zusatzschutz versus risikomindernde Maßnahme.....	13
2.4.3	Zusatzschutz und Verwendung von FI/LS-Schaltern bei Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz	15
3	ZUSATZSCHUTZ IN DER ÖSTERREICHISCHEN NORMUNG	16
3.1	ÖVE EN 1, Teil 1/1989.....	16
3.2	ÖVE/ÖNORM E 8001-1/2000	18
3.3	ÖVE/ÖNORM E 8001-A1/2002	24
4	ZUSATZSCHUTZ IN IEC UND CLC-DOKUMENTEN.....	25
4.1	Internationales elektrotechnisches Wörterbuch	25
4.2	EN 61140/2002 und A1/2004	26
4.2.1	DACH-AG-01/182a/Juni 2006	27
4.3	HD 60364-4-41/Januar 2007 und Corrigendum Juli 2007.....	27
5	SCHLUSSBETRACHTUNG.....	30
6	QUELLENVERZEICHNIS	32
7	VERZEICHNIS DER BILDER.....	34



„I will remind the committee not to forget the user of the standard when developing new requirements¹.“

Roland Talon, Past Chairman IEC TC 64

1 Einleitung

Es gibt kaum ein Thema im weiten Feld der Schutztechnik in Niederspannungsanlagen das sowohl in nationalen wie internationalen Fachgremien wie auch in Kreisen der Elektropraktiker in den letzten 20 Jahren so intensiv, teilweise auch widersprüchlich, diskutiert wurde (und wird) wie das Thema *Zusatzschutz*.

Das Spektrum der Diskussionsbeiträge zu diesem Thema in der Fachliteratur, wie auch in den entsprechenden nationalen, internationalen und europäischen Fachgremien, reicht dabei von Beiträgen zum Begriff *Zusatzschutz* selbst, ob dieser etwas *Zusätzliches* sei, wobei dann immer noch die Folgefrage zu klären ist: *zusätzlich wozu?* - was wieder die Frage des *Schutzkonzeptes*, von der der jeweilige Betrachter ausgeht, in das Gespräch einbringt, bis hin zu Beiträgen was denn alles unter den Begriff *Zusatzschutz* fällt und mit welchen technischen Maßnahmen dieser in den Anlagen umgesetzt werden soll (muss).

Nicht zu vergessen ist dabei die immer über den Gesprächen „schwebende“ Frage, ob der jeweilige Beitrag auf Basis des jeweils geltenden nationalen, europäischen oder internationalen anerkannten Standes des technischen Regelwerkes geleistet wird, oder auf Basis der derzeit bekannten wissenschaftlich-physikalischen Grundlagen, die ja nicht immer unbedingt im aktuellen anerkannten Stand des technischen Regelwerkes abgebildet sein müssen.

¹ Ich möchte das Komitee daran erinnern bei der Entwicklung neuer Anforderungen den Benutzer des Standards nicht zu vergessen.



Als aktiver Teilnehmer² an diesen Diskussionen (seit mehr als 20 Jahren!), wie auch als aktiver Beteiligter an den Grundlagenentwicklungen sowohl in Normung und Schutzgerätetechnik in nationaler als auch in internationaler „Gesprächsumgebung“, versuche ich in diesem Beitrag das zusammenzufassen, was ich bisher verstanden habe, was natürlich auch bedeutet, dass dieser Beitrag insofern einen vorläufigen Stand wiedergibt, als dass die Entwicklung im Feld des *Zusatzschutzes* - zumindest aus meiner Sicht - auch in der Normung noch lange nicht abgeschlossen ist.

2 Risikoüberlegungen und Zusatzschutz

2.1 Einfluss der Entwicklungen in der FI-Gerätetechnik

Wenngleich nach heutigem Verständnis in den Grundlagenarbeiten zum Zusatzschutz (siehe Abschnitt 2.3) die Maßnahmen des Zusatzschutzes nicht ausschließlich auf der Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen beruhen, hat die Entwicklung von FI-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ wesentlich dazu beigetragen, dass die praktischen Vorteile der so genannten *dritten Schutzebene zur Verminderung des Risikos gefährlicher Berührungsströme*, in der Fachwelt erkennbar wurden.

Dies lässt sich u.a. aus anerkannten Regeln der Technik für Niederspannungsanlagen ablesen in denen ungefähr ab der zweiten Hälfte der 1980er Jahre der Begriff „zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen“ [1], [2] auftaucht, wenngleich zu diesem Zeitpunkt die tatsächliche weltweite Bedeutung dieser Maßnahme für die Verhinderung von tödlich verlaufenden Elektrounfällen wohl vermutet, aber für Niederspannungsanlagen noch nicht weiter ausformuliert war.

² Eur.Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx; ÖVE, IEEE Section Reliability, Vorsitzender des Technischen Komitees *Elektrische Niederspannungsanlagen* des ÖVE; Inhaber von diam-consult, Ingenieurbüro für Physik, 1110 Wien; Internet: www.diamcons.com



Auf die Bedeutung selbst wurde schon in einer deutschen Patenschrift [3] aus dem Jahr 1928 (!!) hingewiesen wo es heißt:

„Es wird darauf hingewiesen, dass bisher noch kein Schutz beim Berühren eines der spannungsführenden Leiter, also beispielsweise eines der Phasenleiter selbst, möglich ist, obwohl gerade hierauf zahlreiche Unglücksfälle bei Hausinstallationen zurückzuführen sind. Die Erfindung betrifft die Vermeidung einer Schädigung eines die Phasenleitung selbst berührenden Menschen oder Tieres ...“.

Aus dieser Patenschrift und den darin enthaltenen Motiven, wie auch aus den grafischen Darstellungen der Patentanmeldung ist eindeutig abzulesen, dass es gilt, *gefährliche Berührungsströme bei direktem Berühren aktiver Leiter* zu verhindern. Demnach ist die Idee des Konzepts des Schutzes bei direktem Berühren mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen älter als die Überlegungen zur Verwendung des FI-Schalters als Schutzgerät bei indirektem Berühren.

In den darauffolgenden 50 Jahren wurde jedoch in der Normung in erster Linie an einem - aus heutiger Sicht - nur sehr eingeschränkten Wirkungsbereich der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung gearbeitet. Dabei darf natürlich nicht vergessen werden, dass in diesem Zeitabschnitt wesentliche Erkenntnisse für Konstruktion und Serienherstellung von FI-Schaltern hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit und der Tauglichkeit für den Einsatz in der Hausinstallation gewonnen wurden.

Diese Erkenntnisse bilden - bis zum heutigen Tag - auch Grundlage für die Entwicklung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Nennfehlerströmen von 30 mA und darunter.



2.2 Anlagen ohne Schutzleiter?

Ebenso fällt in diesen historischen Zeitraum die Erlangung eines breiten Verständnisses dafür, dass Schutzleiter eine durchaus notwendige (und lebensrettende) Einrichtung darstellen.

Der Zweifel darüber mag aus heutiger Sicht als befremdlich gelten, in den ersten Jahren in denen FI-Schutzeinrichtungen mit Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ verfügbar waren, gab es durchaus Diskussionen, ob man durch diese Entwicklung in der FI-Technik nicht auch andere Risiken in der Niederspannungsinstallation ausschalten könnte. Dazu zählte z.B. die Idee, auf den Schutzleiter gänzlich zu verzichten, damit auch das Risiko seiner Unterbrechung und der Verwechslung mit aktiven Leitern zu vermeiden.

Diese Überlegungen fielen mit (der auch noch bis in die jüngere Vergangenheit bei einigen „Experten“ angetroffenen!!) Meinung zusammen, dass die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung den Fehlerstrom in seiner Stromstärke (auf den Nennfehlerstrom) begrenzt und deswegen der Fehler erst „bei Berührung“ ausgeschaltet werden müsse.

Heute ist natürlich klar, dass der Strom, der beim direkten Berühren eines unter Spannung stehenden Teils durch den Menschen vom *Widerstand der Fehlerschleife*, und keinesfalls vom Schutzgerät begrenzt wird. Dies bedeutet bei einer Spannung von 230 V und einer Impedanz des menschlichen Körpers von 1000 Ω (Berührungsmodell: Hand-Hand oder Hand-Fuß) einen Strom von rund 230 mA, der über den menschlichen Körper bis zur Ausschaltung fließt.

Dies stellt eine schwere Elektrisierung dar, auch wenn der Strom nur für die Dauer weniger Halbwellen (50 Hz) durch den Körper fließt.

Damit muss(te) wohl der Schutzleiter einerseits als sehr wichtiges Element des Schutzsystems „in Kauf genommen werden“, andererseits betont die Tatsache, dass Schutzleiter in den Niederspannungsanlagen auch



unterbrochen oder mit aktiven Leitern verwechselt werden können, die Notwendigkeit, auch das Versagen des Schutzes bei indirektem Berühren in die Risikobetrachtung für den Schutz gegen gefährliche Berührungsströme einzubeziehen.

Dies führt zur Notwendigkeit eine weitere, dritte Schutzebene (den Zusatzschutz, Schutz bei direktem Berühren³) für jene Fälle vorzusehen, in denen der Schutz bei indirektem Berühren nicht wirksam werden kann.

Andererseits wird daraus auch klar, dass der Zusatzschutz nicht in allen Anlagenteilen und in jedem Ausfallmode des Schutzes bei indirektem Berühren zum gleichen Wert des Restrisikos führt, das durch den Schutz bei indirektem Berühren gegeben ist. (Natürlich schon gar nicht zu demselben Wert des Restrisikos wenn beide, Schutz bei indirektem und bei direktem Berühren, wirksam sind.)

Selbstverständlich sind - je nach vorhandenen Erdungsverhältnissen im Verteilungsnetz und in der Niederspannungsanlage - auch noch weitere Faktoren für die Risikobetrachtung zu berücksichtigen, auf die an dieser Stelle jedoch nicht im Detail eingegangen wird (siehe dazu [8], [9]).

Keineswegs ungenannt soll jedoch der Einfluss der physikalisch möglichen maximalen Berührungsspannung bzw. des Berührungsstromes beim Eintritt des ersten Fehlers an einem Betriebsmittel (vor allem Unterschiede zwischen nullungsfähigem und nicht-nullungsfähigem Verteilungsnetz⁴ und bei Erfüllung der Ausschaltbedingung in der Niederspannungsanlage

³ Der Zusatzschutz muss - konsequent betrachtet - als *Schutz bei direktem Berühren* bezeichnet werden; dies ist, im Fall einer unter Umsetzung des Prinzips der dreifachen Sicherheit installierten Niederspannungsanlage (Hausinstallation) das wesentliche Schutzziel. Diese Bezeichnung ist jedoch, wengleich für den Praktiker verständlich, national und international stark umstritten.

⁴ Auf die Verwendung der heute international durch die anerkannten Regeln der Technik IEC 60364 eingeführten Bezeichnungen TN-, TT-, IT- als Kennzeichnung der Netzsysteme wird im Zusammenhang mit der Erläuterung des Schutzkonzepts bewusst verzichtet. Siehe dazu auch [10].



in allen Endstromkreisen) und der unterschiedlichen Zuverlässigkeiten der Schaltgeräte (insbesondere nach langen Missionszeiten ohne Wartung und Instandhaltung⁵ teilweise auch unter Missachtung der vom Hersteller des Schutzgerätes für den Betrieb vorgesehenen Umgebungs- und Einbaubedingungen) für die Ausschaltung des ersten Fehlers (Unterschiede in der Ausschaltzuverlässigkeit zwischen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und Überstrom-Schutzeinrichtungen).

2.3 Prinzip der dreifachen Sicherheit

Für das Verständnis des dreistufigen Schutzkonzepts in Niederspannungsanlagen ist es sicher auch förderlich, die Bestimmungen für den Schutz gegen gefährliche Berührungsströme zunächst nach ihrer Bedeutung zu ordnen wobei diese Ordnung auch weitgehend der historischen Entwicklung entspricht [4],[5],[6].

Aus dieser historischen Entwicklung ergibt sich, dass der *Basisschutz*, also der Schutz gegen direktes Berühren, als erste und wichtigste Maßnahme für den Schutz gegen gefährliche Berührungsströme betrachtet werden kann.

Er umfasst die *Basisisolierung*, durch die ein vollständiger Schutz erzielt wird, wenn die aktiven Teile vollständig mit einer Isolierung umgeben sind, die nur durch Zerstören entfernt werden kann. Auch Abdeckungen oder Umhüllungen bieten einen vollständigen Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile, wenn diese durch die jeweils vorgeschriebene Schutzart gegen Berühren aufweisen.

⁵ Siehe dazu auch IEC TR 62350:2006-12, Abschnitt 4.1: „Availability of RCD protection is the ability of an item to perform a required protective function under given conditions within an appropriate installation over a given period of time.

Availability of RCD protection is not limited to the equipment but includes parameters from the installation such as PE continuity, appropriate earth resistance value, insulation resistance and environmental conditions.“



Hindernisse stellen dagegen nur einen *teilweisen Schutz* gegen direktes Berühren dar. Sie schließen das Berühren durch bewusstes Umgehen des Hindernisses nicht aus. Konsequenterweitergedacht bildet demnach der Schutz durch Abstand nur einen teilweisen Schutz gegen direktes Berühren im Handbereich.

Langjährige Erfahrungen zeigen, dass infolge Unachtsamkeit oder fehlendem Verständnis für das Risiko auch sichtbare *Schäden an der Basisisolierung in vielen Fällen nicht behoben werden* und der Basisschutz dadurch nicht wirksam werden kann.

Das *Versagen des Basisschutzes* kann auf zwei Arten erfolgen:

- Brechen Abdeckungen oder Umhüllungen aktiver Teile oder fehlen sie, dann können aktive Teile durch Menschen und Nutztiere direkt berührt werden.

Der Schutz gegen diese Art von Fehlern, die ja optisch erkennbar sind, erfolgt durch sorgsamen Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln und die sofortige Schadensbehebung (Instandsetzung) durch den Benutzer.

- Versagt die Basisisolierung jedoch auf eine, mit den menschlichen Sinnesorganen nicht wahrnehmbare, Art und stehen dadurch inaktive (leitfähige) Teile unter Spannung, dann müssen Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren als Fehlerschutz wirksam werden.

Der Fehlerschutz in engerem Sinn besteht demnach aus den technischen Schutzmaßnahmen: Nullung, Fehlerstrom-Schutzschaltung, Schutzerdung, Schutzisolierung, Schutzkleinspannung, Funktionskleinspannung, Schutztrennung und Isolationsüberwachungssystem.

Aber auch die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren können versagen. Schutzleiter können unterbrochen oder verwechselt werden, Geräte (auch schutzisolierte) können gefährliche Isolationsfehler aufweisen.



Ebenso ist es möglich, dass elektrische Verbrauchsmittel in die Badewanne fallen.

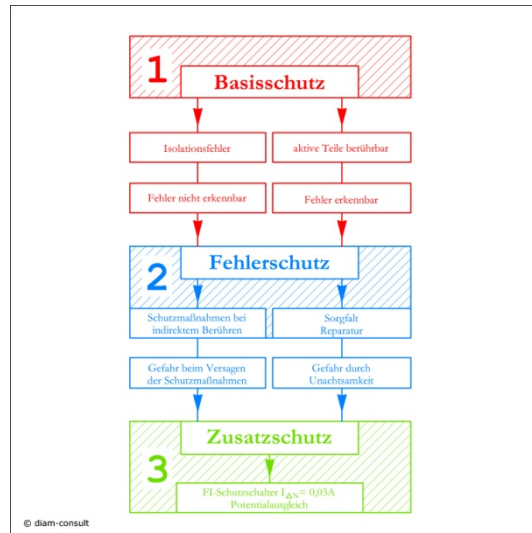


Bild 1 Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme in Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung

In diesen Fällen stellt der Zusatzschutz (z.B. durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$) ein technisches Mittel dar, eine dritte Schutzebene gegen den Elektrotod aufzubauen.

Das System bestehend aus Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz werden auch als „Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme“ bezeichnet (Bild 1)

2.4 Missverständnisse in Theorie und Praxis

Über Missverständnisse zu schreiben ist nicht einfach, schon deswegen, weil es auch das eigene Missverstehen betreffen kann.

Ich habe es jedoch in den letzten 20 Jahren in verschiedenen Fachgremien, die sich mit dem *Zusatzschutz* beschäftigt haben erlebt, dass für die Erlangung eines gemeinsamen Grundverständnisses, auf dessen Basis dann weiter gemeinsam gedacht werden kann viel zu wenig Zeit eingeräumt wurde.



Warum dies so war und ist möchte ich an dieser Stelle nicht näher darstellen, vielmehr will ich versuchen, einige Bereiche, die ich als Quelle von Missverständnissen erkannt habe, darzustellen, und aus meiner Sicht zu erläutern.

2.4.1 Zweistufiges versus dreistufiges Schutzkonzept

Über viele Jahrzehnte wurde in den jeweils nationalen (europäischen und internationalen) anerkannten Regeln der Technik für die Errichtung von Niederspannungsanlagen die Philosophie eines *zweistufigen Schutzkonzepts* abgebildet.

Es handelt sich dabei um die Umsetzung des *Prinzips der zweifachen Sicherheit*. Mit dem Vokabular des *dreistufigen* Prinzips ausgedrückt: um die Abbildung von Basisschutz und Fehlerschutz.

Die Anwendung des zweistufigen Prinzips, dargestellt an den wirksamen Schutzmaßnahmen in einem Endstromkreis mit Steckdosen in einer „normalen“ Hausinstallation, unter der Annahme, dass alle beiden Schutzebenen in Funktion sind, ergibt ein vertretbares Risiko (*tolerable risk*⁶), das qualitativ in Bild 2 wiedergegeben ist.

⁶ 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 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.

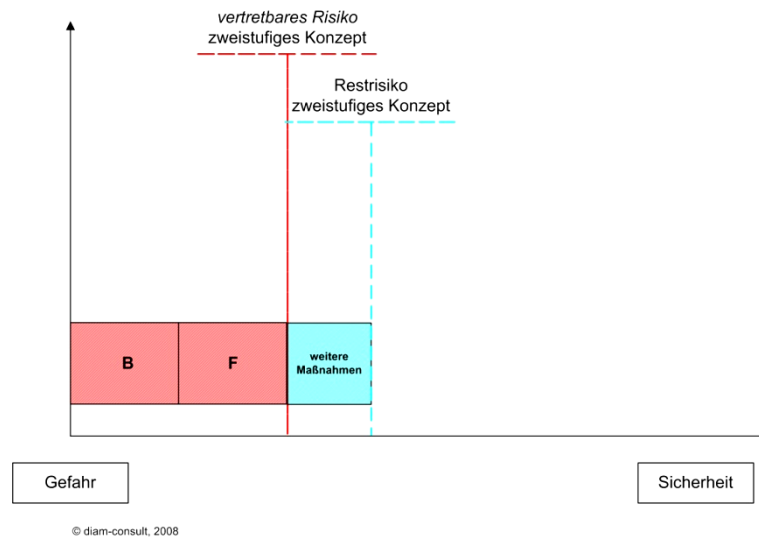


Bild 2 Gefahr und Sicherheit, zweistufiges Schutzkonzept, qualitative Darstellung
Darüber hinaus sind in der praktischen ausgeführten Installation meist weitere Maßnahmen wirksam (z.B. elektrischer Widerstand des Fußbodens, die zu einer Reduzierung des Risikos in Richtung Sicherheit, über das vertretbare Risiko hinaus, führen, jedoch in den anerkannten Regeln der Technik *nicht als Mindestforderung enthalten sind*. Damit verbleibt nach Anwendung aller Schutzmaßnahmen das Restrisiko (*residual risk*⁷).

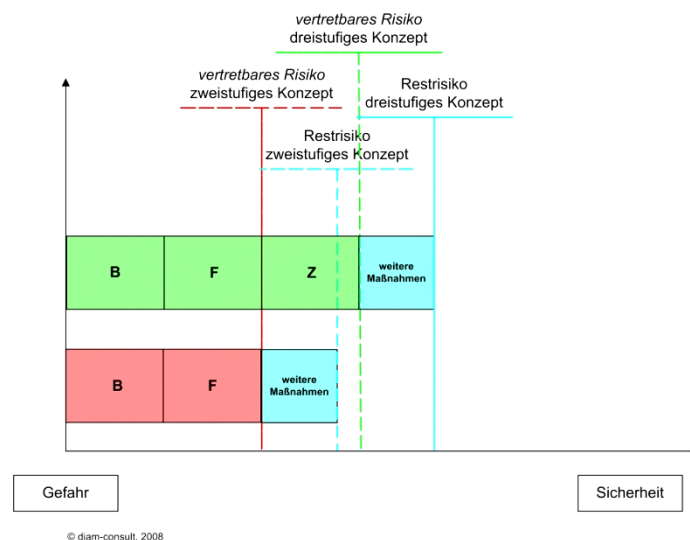


Bild 3 Gefahr und Sicherheit, dreistufiges Schutzkonzept, qualitative Darstellung

⁷ risk remaining after protective measures have been taken



Nun kann diese Situation, mit jener verglichen werden, dass *drei* Schutzebenen in Funktion sind, dies wieder dargestellt an den wirksamen Schutzmaßnahmen in einem Endstromkreis mit Steckdosen in einer „normalen“ Hausinstallation (Bild 3).

Und nun zu den von mir beobachteten Missverständnissen in den Gesprächen unter Fachleuten.

2.4.2 Zusatzschutz versus risikomindernde Maßnahme

Wenn ich nun einen Endstromkreis einer Niederspannungsinstallation mit Schutzmaßnahme Fehlerstromschutzschaltung mit nur *einer* Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ schütze, obwohl ich auf Grund des vorhandenen Wertes des Erdungswiderstandes⁸ auch einen FI-Schalter mit $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$ einsetzen könnte, dann habe ich zwar - solange das Schaltgerät funktioniert - eine *risikomindernde* Maßnahme zur Verringerung des Restrisikos gegen gefährliche Berührungsströme gesetzt, jedoch *keinen Zusatzschutz* installiert⁹.

Beim Ausfall der *einen* Fehlerstrom-Schutzeinrichtung werden nämlich der Fehlerschutz und die weitere risikomindernde Maßnahme unwirksam.

Zusatzschutz mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen besteht in der Umsetzung einer weiteren Schutzfunktion und in der Trennung der neu hinzugekommenen Schutzfunktion von der zweiten Schutzebene, dem Fehlerschutz¹⁰.

⁸ Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 3.5.9 versteht man unter dem Erdungswiderstand die Summe von Ausbreitungswiderstand des Erders und Widerstand der Erdungsleitung.

⁹ Der Ersatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$ durch eine solche mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ ist wohl eine risikomindernde Maßnahme jedoch kein Zusatzschutz im Sinne des dreistufigen Prinzips, weil die Ausfallrate von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nicht berücksichtigt wird.

¹⁰ Dies gilt natürlich auch für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich, dessen Ausführung in HD 60364-4-41, Abschnitt 415.2.1 beschrieben ist. Es handelt sich dabei um eine zusätzliche (zusätzlich zu den für die Schutzmaßnahme Fehlerschutz installierten



Das zwei- wie auch das dreistufige Schutzkonzept gehen davon aus, dass die drei Schutzebenen insofern von einander unabhängig¹¹ wirksam sind, dass der Ausfall einer Schutzebene die Wirksamkeit der anderen (beiden) Schutzebene(n) (im Rahmen der dieser(n) Schutzebene(n) zugeordneten Schutzziels(e)) nicht nachteilig beeinflusst¹².

Hier ist wirklich jedes Wort wichtig: Natürlich macht ein unterbrochener Schutzleiter (*eine* der Möglichkeiten, dass der Fehlerschutz versagt) im Endstromkreis den Fehlerschutz *und* den Zusatzschutz unwirksam wenn ich (missverständlicherweise!) der Meinung bin, dass der Zusatzschutz auch das Schutzziel *Schutz bei indirektem Berühren* abdecken soll.

Dies ist jedoch nicht gefordert!

Der Zusatzschutz hat das Schutzziel: *Schutz bei direktem Berühren* zu erfüllen. Diese Aufgabe übernimmt er auch bei unterbrochenem Schutzleiter.

Konsequent weitergedacht bedeutet dies natürlich auch, dass im Falle des Einsatzes von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Fehler- bzw. den Zusatzschutz, diese beiden Schutzziele durch zwei getrennte Schutzeinrichtungen (d.h. 2 Stück FI-Schalter), hintereinandergeschaltet, jedoch nicht mit redundanten Funktionen (siehe oben) abgedeckt werden muss.

Hier tritt tatsächlich der Fall ein, und dies ist vielleicht bei erstmaliger Betrachtung wirklich schwierig zu verstehen, dass jeder der beiden FI-Schalter, die in einem Endstromkreis für Fehlerschutz bzw. Zusatzschutz

Schutzleitern) Verbindungsleitung zwischen den dort genannten Anlagenteilen. Hier folgt HD 60364-4-41, obwohl vom Aufbau eher näher dem zweistufigen Konzept, konsequent dem dreistufigen Konzept. Siehe dazu auch Abschnitt 4.3 dieses Diskussionsbeitrags

¹¹ In diesem Fall geht es jedoch auch um Diversität, das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Ausfalls von Schutzeinrichtungen, die nach verschiedenen physikalischen Funktionsprinzipien arbeiten geringer einzustufen ist als solche, die mit identischen Funktionsprinzipien arbeiten.

¹² Natürlich gelten auch für die funktionale Sicherheit von Schutzgeräten Risikoüberlegungen [10].



hintereinander geschaltet sind, eine eigene, vom anderen grundsätzlich unterschiedliche, Schutzfunktionen zu erfüllen hat¹³. (Auf jene Schutzfunktionen, die der eine, beim Ausfall des anderen, übernehmen *kann*, wo es also „Redundanz“ gibt¹⁴ kommt es bei konsequenter Umsetzung des dreistufigen Konzepts nicht an. Natürlich tragen die „redundanten Fälle“ wesentlich zur Verminderung des Restrisikos und damit zur Sicherheit von Menschen und Nutztieren bei.)

2.4.3 Zusatzschutz und Verwendung von FI/LS-Schaltern bei Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz

Die Überlegungen in 2.4.2 hinsichtlich getrennter Schutzgeräte für Fehler- und Zusatzschutz dürfen jedoch *nicht ohne weitere Überlegung* auf jede Art von Schutzgeräten, z.B. auf kombinierte Fehlerstrom/Leitungsschutzschalter (FI/LS-Schalter) in Stromkreisen mit Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz übertragen werden.

Das Schaltgerät für die Ausschaltung von Körperschlüssen bei Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung ist die Überstrom-Schutzeinrichtung¹⁵.

Bei der (installationstechnisch auch aus anderen Gründen sinnvollen) Entscheidung *einen* FI/LS-Schalter für die Schutzfunktion Fehlerschutz

¹³ siehe auch CENELEC HD 60364-4-41, Januar 2007, Abschnitte 411.3.3 und 415.1

¹⁴ Dies ist z.B. dann der Fall, wenn der FI-Schalter für den Fehlerschutz (wegen langer Einbaudauer) nicht mehr funktionsfähig ist und der FI-Schalter für den Zusatzschutz auch bei einem Körperschluss an einem Betriebsmittel ausschaltet, obwohl beim Auftreten des Fehlers keine Person oder Nutztier den Körper des Betriebsmittels berührt.

¹⁵ In Ausnahmefällen kann diese Ausschaltfunktion auch durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung *gemeinsam* mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung erfüllt werden. Dies z.B. im Falle langer Endstromkreise an deren anlagenseitigem Ende die Ausschaltbedingung nicht eingehalten werden kann. Dieser Punkt wird international kontroversiell diskutiert. Eine erste Annäherung ist jedoch in HD 60364-4-41, Ausgabe Januar 2007, Abschnitt 411.4.5, Anmerkung 1 erfolgt. Dort wird für den Fall, dass im TN-System für den Fehlerschutz eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung eingesetzt wird zumindest empfohlen, dass der Stromkreis ebenfalls durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung geschützt sein soll. Auf die Diskussion dieser Quelle von „Missverständnissen“ soll hier nicht weiter eingegangen werden.



(LS-Teil des Schutzgerätes) und die Schutzfunktion Zusatzschutz (FI-Teil des Schutzgerätes) in Endstromkreisen einzusetzen ist zu beachten, dass es sich um ein Schutzgerät handelt, das nach zwei¹⁶ physikalisch unterschiedlichen Funktionsprinzipien („Diversität“ siehe Fußnote 11) arbeitet.

Darüber hinaus haben die Erfahrungen und auch Feldversuche¹⁷ in Europa¹⁸ und in den USA¹⁹ gezeigt, dass die Ausfallsrate von LS-Schaltern *deutlich niedriger* als jene von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen liegt.

Aus diesen Gründen ist der Einsatz von FI/LS-Schaltern in Anlagen mit Schutzmaßnahme Nullung als gemeinsame Schutzeinrichtung für Fehler- und Zusatzschutz risikotechnisch gerechtfertigt.

3 Zusatzschutz in der österreichischen Normung

3.1 ÖVE EN 1, Teil 1/1989

In ÖVE EN 1, Teil 1/1989²⁰ wurde mit dem Ziel, das Prinzip der dreifachen Sicherheit erstmals in die anerkannten Regeln der Technik für die Niederspannungsinstallation umzusetzen, im österreichischen elektrotechnischen Vorschriftenwesen der Begriff Zusatzschutz definiert wie folgt:

¹⁶ Der Überstrom-Auslöser des LS-Teiles wird hier (als drittes physikalisches Funktionsprinzip) wird hier bewusst nicht genannt, da er bei der Ausschaltung von satten Körperschlüssen von genullten Stromkreisen nicht auslegungsentscheidend ist.

¹⁷ Kieback D., Lappe U.; Zuverlässigkeit von FI-Schutzschaltern (RCCB); Elektropraktiker, Berlin 50(1996)6

¹⁸ Cantarella G., Carrescia R., Tommasini R.; Quality of Residual Current-Operated Circuit Breakers; ETEP Vol. 6.No.3. May/Jun3 1996

¹⁹ NEMA Ground Fault Personnel Protection Section, GFCI Field Test Survey Report, National Electrical Manufacturers Association, January 2001; USA

²⁰ ÖVE EN 1, Teil 1/1989, Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis ~1000 V und =1500 V, Teil 1: Begriffe und Schutz gegen gefährliche Körperströme (Schutzmaßnahmen), Abschnitt 3.8.5



Zusatzschutz ist eine ergänzende Maßnahme zum Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich ergeben können, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz nicht wirksam sind/ist.

Dies war die Zeit in der in den österreichischen anerkannten Regeln der Technik der Übergang vom Prinzip der *zweifachen* auf das Prinzip der *dreifachen* Sicherheit vollzogen wurde.

Um den Übergang bei Anwendung der Schutzmaßnahme Fehlerstromschutzschaltung zu „erleichtern“ wurde im Jahr 1989 nachstehende Formulierung²¹ in ÖVE EN 1, Teil 1 aufgenommen:

Fehlerstromschutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, gemäß § 12.2, dürfen für den Fehlerschutz oder den Zusatzschutz oder, wie in der Schaltung gemäß Abb.12-1, für beide Schutzziele verwendet werden.

Wesentlich ist jedoch auch (zur Begründung siehe die Ausführungen im Abschnitt 2.4.2), dass schon im Jahr 1989 (ebenfalls im oben zitierten Text der ÖVE EN 1, Teil 1) nachstehend angeführter Hinweis in die Norm aufgenommen wurde:

Wird nur eine Fehlerstromschutzeinrichtung sowohl für den Fehlerschutz als auch für den Zusatzschutz verwendet, dann wird die Zuverlässigkeit der Fehlerausschaltung und die Verfügbarkeit der Stromversorgung beeinträchtigt und eine Fehlereingrenzung erschwert (Hervorhebung vom Verfasser).

Dieser Hinweis bedarf keiner weiteren Erläuterung, erfolgt konsequent der Idee des dreistufigen Prinzips und stellt (in anderer Formulierung) klar, dass es sich im Falle der Verwendung von nur *einem* Schutzgerät für *beide*

²¹ ÖVE EN 1, Teil 1/1989, Errichtung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis ~1000 V und =1500 V, Teil 1: Begriffe und Schutz gegen gefährliche Körperströme (Schutzmaßnahmen), Abschnitt 12.5.



Schutzfunktionen um eine risikotechnisch nicht zu empfehlende Maßnahme handelt.

3.2 ÖVE/ÖNORM E 8001-1/2000

In den Jahren danach wurde die Begriffsdefinition und damit auch der (vermeintliche) Umfang des Begriffs Zusatzschutz immer wieder neu überdacht und weiterentwickelt.

In Abschnitt 3.8.3 von ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01 heißt es:

Zusatzschutz

ergänzende Maßnahmen zum Verringern von Gefahren für Personen und Nutztiere, die sich ergeben können, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz nicht wirksam sind/ist.

Dies wird durch den Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ oder durch den Potentialausgleich erreicht.

Diese Definition spricht zunächst von *Gefahren*, ohne diese näher zu spezifizieren. Dies bedeutet, dass in dieser Definition grundsätzlich nicht nur die Gefahren des gefährlichen elektrischen Schlages angesprochen sind.

Im Kontext mit dem zweiten Teil des ersten Satzes der Definition ist jedoch klar, dass es um jene Gefahren geht, die mittels Basisschutz und Fehlerschutz „bekämpft“ werden.

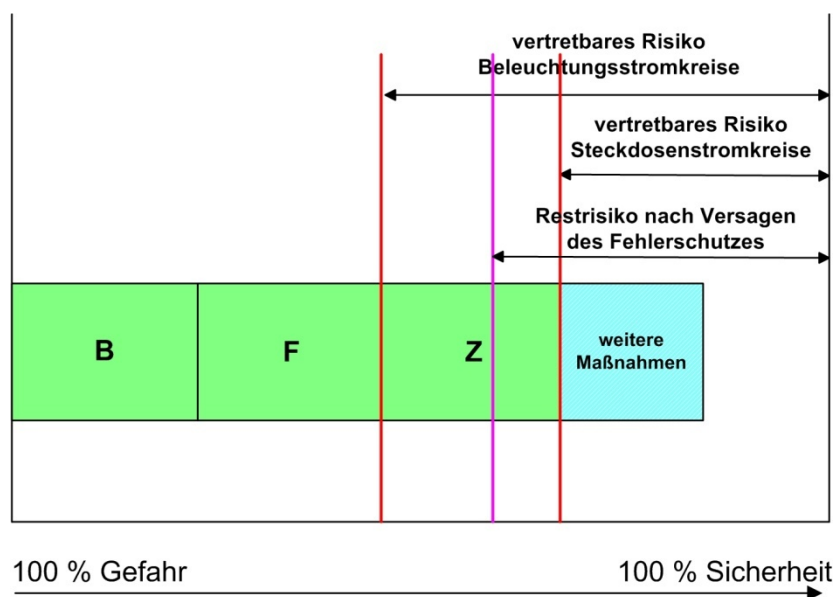
Diese Definition schließt keinerlei Aussage hinsichtlich einer in der Praxis oft interpretierten „Redundanz“ von *Zusatzschutz* mit *Basisschutz* und/oder *Fehlerschutz* ein. Zusatzschutz verringert die Gefahr für Menschen und Nutztiere gegenüber jenem Anlagenzustand der beschreibbar ist durch:



Basisschutz und/oder Fehlerschutz ausgefallen (d.h. Anlage ist ohne einer dieser beiden Schutzmaßnahmen oder Anlage ist völlig ohne Schutzmaßnahmen).

Über das verbleibende Restrisiko (d.h. über das Ausmaß der Gefahrenminderung) ist dabei jedoch nichts ausgesagt! *Keinesfalls* ist damit gesagt, dass das Restrisiko durch den Zusatzschutz alleine (oder gemeinsam mit einem allfällig noch funktionsfähigen Basisschutz oder Fehlerschutz) das Restrisiko auf dasselbe Niveau reduziert, wie wenn die „nicht wirksame(n) Schutzebene(n)“ funktionsfähig ist (sind).

Das verbleibende Restrisiko kann in diesen Fällen in einzelnen Anlagenteilen nach dem Ausfall von Basis- und/oder Fehlerschutz weiterhin über dem tolerierbaren Risiko bleiben, in *anderen Anlagenteilen jedoch auch unterhalb dieses Wertes* liegen.



© diam-consult, 2009

Bild 4 Restrisiko nach Ausfall des Basis- und/oder Fehlerschutzes (Schutzmaßnahme: Fehlerstrom-Schutzschaltung) in Stromkreisen mit Steckdosen und in Beleuchtungsstromkreisen; qualitative Darstellung

Sind z. B. in einer elektrischen Anlage mit Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung sowohl Stromkreise mit Steckdosen als auch Beleuchtungsstromkreise mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} =$



300 mA für den Fehlerschutz und mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} = 30$ mA für den Zusatzschutz geschützt, und wird der Fehlerschutz durch das Versagen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} = 300$ mA unwirksam, dann wird man davon ausgehen können, dass das Restrisiko in den Beleuchtungsstromkreisen kleiner ist als das vertretbare Risiko und akzeptiert werden kann. Das Restrisiko in den Stromkreisen mit Steckdosen ist jedoch größer als das vertretbare Risiko für diesen Typ von Stromkreisen und kann demnach nicht akzeptiert werden. Dieser Zusammenhang ist in Bild 4 nochmals (qualitativ) grafisch dargestellt.

In diese anerkannte Regel der Technik wurde auch erstmals eine grafische Darstellung des dreistufigen Prinzips aufgenommen (siehe Bild 1; aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das Bild hier als Bild 5 nochmals abgedruckt).

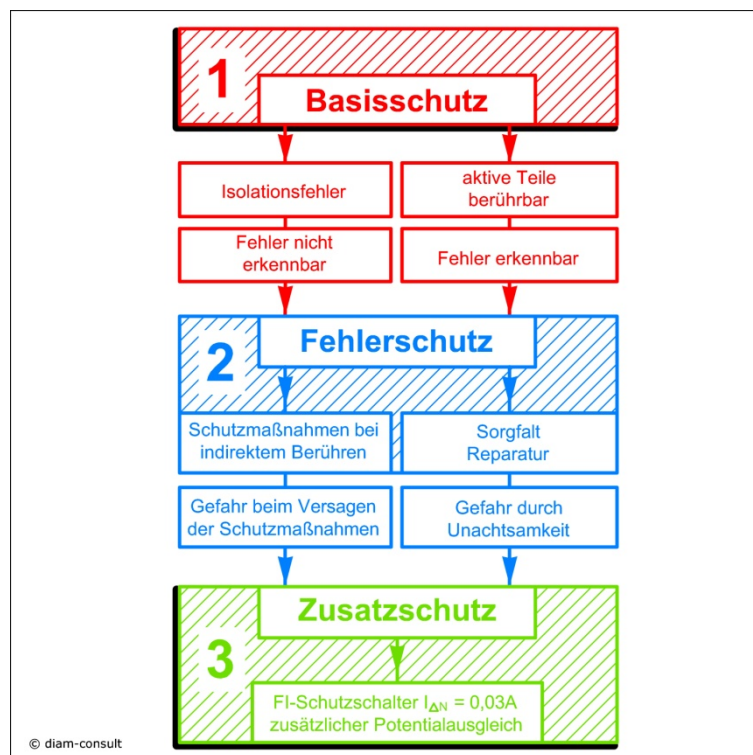


Bild 5 Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme in Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung

Was fällt dabei noch auf?



In der Definition wird von Maßnahmen (Plural) gesprochen und in der Grafik ist im Feld des Zusatzschutzes auch der Begriff Potentialausgleich²² genannt.

Gemeint ist dabei, jede Art von Potentialausgleich, demnach auch der *Hauptpotentialausgleich*²³ wie auch der so genannte *zusätzliche Potentialausgleich*²⁴.

Dies bedeutet, dass es im Jahr 2000 erstmals gelungen ist²⁵ alle derzeit existierenden Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Berührungsströme ganzheitlich darzustellen und eindeutig einer der drei Schutzebenen zuzuordnen.

Damit wurde auch die bis dahin, teilweise sehr kontroversiell geführte Diskussion, ob der Potentialausgleich eine *Voraussetzung für die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter*, eine *Schutzmaßnahme des Fehlerschutzes* oder eine *Schutzmaßnahme des Zusatzschutzes* sei, durch die Zuordnung zur dritten Schutzebene, dem Zusatzschutz, beseitigt.

Die sicherheitstechnisch-physikalische Begründung dafür, dass die Zuordnung gerechtfertigt ist, wird in [11] ausführlich dargestellt, hier sollen nur die wesentlichsten Kriterien angegeben werden.

²² Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 3.5.11 versteht man unter dem Potentialausgleich den Ausgleich von Potentialen zwischen Körpern und fremden leitfähigen Teilen, gegebenenfalls auch untereinander mittels PA-Leiter.

²³ Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 3.5.12 versteht man unter dem Hauptpotentialausgleich einer Anlage die elektrische Verbindung zwischen mehreren Leitern und fremden leitfähigen Teilen, um deren Potentialgleichheit zu erzielen.

²⁴ Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe 2000-03-01, Abschnitt 3.5.13 versteht man unter dem zusätzlichen Potentialausgleich einer Anlage die elektrische Verbindung zwischen örtlich benachbarten Teilen, um deren Potentialgleichheit, z.B. wegen besonderer Gefährdung aufgrund der Umgebungsbedingungen, zu erzielen.

²⁵ diese Situation hat sich im Jahr 2002 (aus der Sicht eines vollständigen Konzepts leider!) geändert, siehe dazu Abschnitt 3.3



Alle Maßnahmen des Potentialausgleichs entsprechen voll der Definition des Zusatzschutzes. Sie verringern die unbeeinflussten Berührungsspannungen²⁶ U_{TP} und damit auch die Berührungsspannungen wenn der Fehlerschutz nicht wirksam ist. Potentialausgleich wirkt auch bei Doppelfehlern risikomindernd.

Die Maßnahmen des Potentialausgleichs können jedoch die Berührungsspannungen nicht beseitigen, weil die Erkennung des Fehlers ohne Ausschaltung nicht möglich ist. Darüber hinaus ist der Einflussbereich, die Grenze des Wirkungsbereiches und damit des Schutzes nur schwer messbar und damit in der Praxis kaum zu ermitteln. In Bild 6 und Bild 7 sind Beispiele für die Wirkung des Zusatzschutzes durch Potentialausgleich dargestellt.

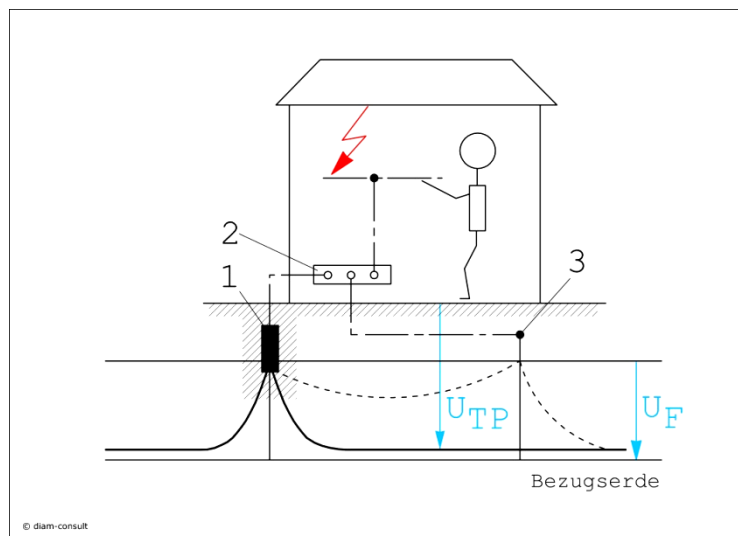


Bild 6 Zusatzschutz durch Potentialausgleich: Verringerung der unbeeinflussten Berührungsspannung U_{TP} durch den Hauptpotentialausgleich

- 1 Fehlerspannung (führendes) Erdungssystem (z.B. Bänderder)
- 2 Potentialausgleichsschiene
- 3 leitendes Wasserrohrnetz

²⁶ Die unbeeinflusste Berührungsspannung U_{TP} , auch Teilfehlerspannung im Überbrückungsberich genannt ist jener Wert der Fehlerspannung, der zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen von einem Menschen oder von einem Nutztier überbrückt werden kann. U_{TP} ist die Summe aus der Berührungsspannung, der Teilfehlerspannung(Kleidung) und der Teilfehlerspannung (Standort, Gebäude).



- Spannungstrichter, wenn das Wasserrohrnetz nicht mit der Potentialausgleichsschiene verbunden ist
- Spannungstrichter, wenn das Wasserrohrnetz mit der Potentialausgleichsschiene verbunden ist

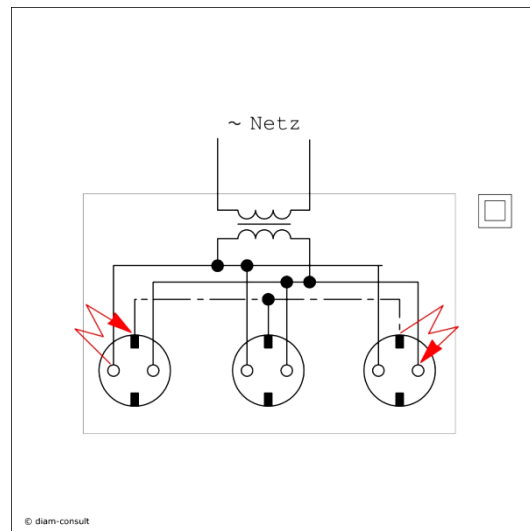


Bild 7 Zusatzschutz durch Potentialausgleich: Verhinderung von Berührungsspannungen bei der Schutztrennung und Doppelfehlern durch einen Potentialausgleichsleiter

Die Verwendung des Plurals (Maßnahmen) in der Definition gibt den, aus physikalischer Sicht korrekten, Hinweis, dass es einerseits mehrere Maßnahmen gibt, die der dritten Schutzzebene zugeordnet werden können, aber auch dass natürlich auch mehrere Maßnahmen des Zusatzschutzes gleichzeitig zur Verminderung des Restrisikos in einer Anlage realisiert werden können.

Als ein dem Praktiker vertrautes Beispiel hierfür soll die Niederspannungsinstallation in Baderäumen, Duschecken, Schwimmbecken- und Saunananlagen genannt werden, wo - beim Einsatz von Nullung oder Fehlerstrom-Schutzschaltung als Maßnahme des Fehlerschutzes - sowohl Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$, Hauptpotentialausgleich als auch zusätzlicher Potentialausgleich zum Einsatz kommen.



3.3 ÖVE/ÖNORM E 8001-A1/2002

Mit der nächsten Überarbeitung der ÖVE/ÖNORM E 8001-1 im Jahre 2002 wurde die Definition des Zusatzschutzes²⁷ und auch die Grafik entsprechend geändert. Zurück zum Singular und Einschränkung des Zusatzschutzes auf zwei Maßnahmen.

Zusatzschutz²⁸

ergänzende Maßnahme zum Verringern von Gefahren für Personen und Nutztiere, die sich ergeben können, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz nicht wirksam sind/ist.

Dies wird gemäß den jeweiligen Anforderungen durch den Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ und durch den zusätzlichen Potentialausgleich erreicht.

Demnach sind die drei Schutzebenen, derzeit in Österreich definiert als:

Basisschutz²⁹ (Schutz gegen direktes Berühren)

sind alle Maßnahmen, die das gefahrbringende Annähern von Personen oder Nutztieren an aktive Teile elektrischer Betriebsmittel oder das direkte Berühren derselben verhindern.

Es kann sich hierbei um einen vollständigen oder teilweisen Schutz handeln. Bei teilweisem Schutz besteht nur ein Schutz gegen zufälliges Berühren.

Fehlerschutz³⁰ (Schutz bei indirektem Berühren)

²⁷ Entscheidungen im Bereich der elektrotechnischen Normung auf nationaler, europäischer und international werden im Wege des Konsenses oder auf Basis von (gewichteten) Mehrheiten getroffen. Dies schließt (aus meiner Sicht bedauerlicherweise) nicht aus, dass nicht alle zum Beschlusszeitpunkt verfügbaren wissenschaftlich-physikalischen Erkenntnisse berücksichtigt werden.

²⁸ Definition gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A1, Ausgabe: 2002-04-01, Abschnitt: 3.8.2

²⁹ Definition gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe: 2000-03-01, Abschnitt: 3.8.1

³⁰ Definition gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1, Ausgabe: 2000-03-01, Abschnitt: 3.8.2



sind alle Maßnahmen zum Schutz von Personen und Nutztieren vor Gefahren, die sich beim einfachen Isolationsfehler aus einer Berührung mit berührbaren oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können.

*Zusatzschutz*³¹

ergänzende Maßnahme zum Verringern von Gefahren für Personen und Nutztiere, die sich ergeben können, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz nicht wirksam sind/ist.

Dies wird gemäß den jeweiligen Anforderungen durch den Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30$ mA oder durch den zusätzlichen Potentialausgleich erreicht.

Welche Maßnahme des Zusatzschutzes (Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N} \leq 30$ mA, zusätzlicher Potentialausgleich) anzuwenden ist, wird in den Bestimmungen ÖVE/ÖNORM E 8001 festgelegt³².

Die Wahlmöglichkeit zwischen den beiden ist nicht dem Errichter überlassen, auch kann aus der Einordnung beider Maßnahmen (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} \leq 30$ mA oder zusätzlicher Potentialausgleich) unter den Begriff *Zusatzschutz* nicht auf ihre risikotechnische Gleichwertigkeit geschlossen werden.

4 Zusatzschutz in IEC und CLC-Dokumenten

4.1 Internationales elektrotechnisches Wörterbuch

Im internationalen elektrotechnischen Wörterbuch³³ ist der Begriff *additional protection* im für die Schutzmaßnahmen grundlegenden

³¹ Definition gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A1, Ausgabe: 2002-04-01, Abschnitt: 3.8.2

³² Obwohl wieder Maßnahme (Singular) werden in den zutreffenden Abschnitten des aktuellen ÖVE-Normenwerkes (z.B. für Baderäume) unter bestimmten Bedingungen sowohl der Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N} \leq 30$ mA als auch der zusätzliche Potentialausgleich verlangt.

³³ IEC 60050 in der geltenden Fassung 08/2008



Abschnitt 195 (Earthing an protection against electric shock), nicht enthalten.

Man findet ihn im Abschnitt 826 (Electrical Installations) definiert als:

*additional protection*³⁴

protective measure in addition to basic and/or fault protection

NOTE - Additional protection is generally used in case of special external influences or locations und certain circumstances, e.g. careless use of electric energy, a fatal situation maybe avoided or eased.

In der Übersetzung der DKE³⁵:

zusätzlicher Schutz,

Schutzmaßnahme zusätzlich zum Basisschutz und/oder Fehlerschutz

ANMERKUNG Im Allgemeinen wird der zusätzliche Schutz bei besonderen äußeren Einflüssen oder in Räumen besonderer Art angewendet. Durch ihn kann unter bestimmten Umständen z.B. bei sorglosem Umgang mit der elektrischen Energie, eine gefährliche Situation vermieden oder abgemildert werden.

4.2 EN 61140/2002 und A1/2004

Die Europäische Norm 61140³⁶ enthält den Begriff des Zusatzschutzes nicht und folgt in ihrem Aufbau einem Konzept, das gewisse Ähnlichkeiten mit dem zweistufigen Konzept aufweist.

³⁴ IEV number 826-12-07, Stand: 13.8.2008

³⁵ DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06

³⁶ Aufbau und Inhalt der EN 61140 ist aus der Sicht der Anwendung der Bestimmungen für die Erstellung von Normen im Fachgebiet *Errichtung von Niederspannungsanlagen*, unter Berücksichtigung des aktuellen Standes des Wissens dringend überarbeitungsbedürftig.



4.2.1 DACH-AG-01/182a/Juni 2006

In der DACH-Arbeitsgruppe-01 wurde im Juni 2006 ein Vorschlag für die Änderung der EN 61140 mit dem Ziel der weiteren Anpassung dieser Norm an die aktuellen Bedürfnisse der Anlagenerrichtung, fertig gestellt. Darin wird Zusatzschutz definiert wie folgt:

3.1.3 Zusätzlicher Schutz (Zusatzschutz)

Schutzmaßnahme zusätzlich zum Basis und/oder Fehlerschutz

ANMERKUNG Zusätzlicher Schutz (Zusatzschutz) wird im Allgemeinen bei besonderen äußeren Einflüssen oder in Räumen besonderer Art verwendet um unter gewissen Umständen, z.B. beim sorglosen Umgang mit elektrischer Energie eine lebensgefährliche Situation zu verhindern oder deren Folgen abzuschwächen.

4.3 HD 60364-4-41/Januar 2007 und Corrigendum Juli 2007

Im Harmonisierungsdokument 60364-4-41, Ausgabe Januar 2007 ist der *Zusätzliche Schutz* im Abschnitt 411 und 415 enthalten.

411.3.3 Zusätzlicher Schutz

In Wechselspannungssystemen muss ein zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) nach 415.1 vorgesehen werden für:

- *Steckdosen mit einem Bemessungsstrom nicht größer als 20 A, die für die Benutzung durch Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind.*

ANMERKUNG Eine Ausnahme darf gemacht werden für:

- *Steckdosen, die durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen überwacht werden, wie z.B. in einigen gewerblichen oder industriellen Anlagen, oder*



- *Steckdosen, die jeweils nur für den Anschluss eines bestimmten Betriebsmittels errichtet werden.*
- *Endstromkreise für im Außenbereich verwendete tragbare Betriebsmittel mit einem Bemessungsstrom nicht größer als 32 A.*

Im Abschnitt 415.1 und 415.2 werden die Kernaussagen³⁷ formuliert:

415.1 Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

415.1.1 Das Verwenden von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsdifferenzstrom, der 30 mA nicht überschreitet, hat sich in Wechselstromsystemen als zusätzlicher Schutz beim Versagen von Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und/oder von Vorkehrungen für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) oder bei Sorglosigkeit durch Benutzer bewährt.

415.1.2 Das Verwenden solcher Einrichtungen als alleiniges Mittel des Schutzes ist nicht anerkannt und schließt nicht die Notwendigkeit aus, eine der Schutzmaßnahmen nach den Abschnitten 411 bis 414 anzuwenden.

415.2 Zusätzlicher Schutz: Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich

ANMERKUNG 1 Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich wird als ein Zusatz zum Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) angesehen.

ANMERKUNG 2 Das Verwenden des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs schließt nicht die Notwendigkeit aus, die Stromversorgung aus anderen Gründen abzuschalten, z. B. aus Gründen des Brand-

³⁷ Die Abschnitte 415.2.2 (Nachweis der Wirkung des Schutzpotentialausgleichs) und die Anmerkung im Abschnitt 415 (Hinweis auf den Teil 7 von HD 60364) werden hier aus Gründen der Fokussierung auf die Kernaussagen bewusst nicht wiedergegeben.



schutzes, der thermischen Überbeanspruchung eines Betriebsmittels usw.

ANMERKUNG 3 Der zusätzliche Schutzpotentialausgleich darf die gesamte Anlage, einen Teil der Anlage, ein Gerät oder einen Bereich einschließen.

ANMERKUNG 4 Zusätzliche Anforderungen können für besondere Bereiche (siehe den entsprechenden Teil 7 der HD 60364 oder HD 384) oder aus anderen Gründen notwendig sein.

415.2.1 Der zusätzliche Schutzpotentialausgleich muss alle gleichzeitig berührbaren Körper fest angebrachter Betriebsmittel und fremden leitfähigen Teile, einschließlich so weit praktikabel die metallene Hauptbewehrung von Stahlbeton, einschließen. Die Schutzpotentialausgleichsanlage muss mit den Schutzleitern aller Betriebsmittel, eingeschlossen die Schutzleiter der Steckdosen, verbunden werden.

In der technischen Substanz folgen diese Aussagen dem Prinzip der dreifachen Sicherheit, obwohl der systematische Aufbau von HD 60364-4-41 eher Ähnlichkeiten mit dem zweistufigen Prinzip aufweist³⁸.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ und zusätzlicher Schutzpotentialausgleich³⁹ (als eine Form des Potentialausgleichs⁴⁰) sind als Maßnahmen des Zusatzschutzes genannt.

³⁸ Damit befindet es sich HD 60364-4-41 meiner (optimistischen) Meinung nach in einer „Übergangsphase“, die für die Zukunft der gemeinsamen Normenentwicklung für die Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme im europäischen Bereich das Licht der Hoffnung weiterhin leuchten lässt.

³⁹ Schutzpotentialausgleich gemäß IEV 826-13-20 in der Übersetzung der DKE (DIN VDE 0100-200 (VDE0100-200)2006-06: Potentialausgleich zum Zwecke der Sicherheit. (protective-equipotential bonding: equipotential bonding for the purposes of safety)

⁴⁰ Potentialausgleich gemäß IEV 826-13-19 in der Übersetzung der DKE (DIN VDE 0100-200 (VDE0100-200)2006-06: Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen



Die Frage für welche Anlagenteile der zusätzliche Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen installiert werden muss ist in Abschnitt 411.3.3 geregelt.

Die Frage, ob eine gemeinsame Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für Fehlerschutz und Zusatzschutz verwendet werden darf, ist im Abschnitt 415.1.1 eindeutig dadurch geklärt, dass die Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes beim „Versagen von Vorkehrungen für den Fehlerschutz“ gefordert ist. Damit ist die gemeinsame Verwendung von einer einzigen Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für Fehlerschutz und Zusatzschutz ausgeschlossen.

Hinsichtlich der Verwendung von kombinierten Leitungsschutz/Fehlerstrom-Schutzschaltern möchte ich auf die Ausführungen im Abschnitt 2.4.3 dieses Diskussionsbeitrages verweisen.

5 Schlussbetrachtung

Ich hoffe durch diesen Beitrag, der aus meiner nunmehr mehr als 20-jährigen theoretischen und praktischen Erfahrung und meinem subjektivem Verständnis für die Gefahren der Elektrizitätsanwendung und der wirkungsvollen Gefahrenvermeidung sowie meiner täglichen Arbeit mit meinen Klienten gespeist wird, einerseits einen Beitrag zur Vertiefung des Verständnisses des Prinzips der dreifachen Sicherheit, andererseits eine Standortbestimmung der Normung im Feld des Zusatzschutzes geleistet zu haben.

Darüber hinaus hoffe ich, dass ich dadurch auch ein Teil der (umfangreichen) Aufgaben, die noch vor allen, die an der Verbesserung der Inhalte und Anwenderfreundlichkeit der Normen interessiert sind, liegen, verständlich darstellen konnte.

Teilen, um Potentialausgleich zu erzielen. (equipotential bonding: provision of electrical connections between conductive parts, intended to achieve equipotentiality)



Gleichzeitig möchte ich meinen Dank allen jenen Fachleuten in den österreichischen technischen Komitees und auch im Rahmen des DACH aussprechen, die in den letzten Jahrzehnten einen beträchtlichen Teil ihrer Lebensenergie in die qualitative Weiterentwicklung der anerkannten Regeln der Technik eingebracht haben.

Es ist das *gemeinsame* Denken, das uns in eine technische Zukunft mit vertretbarem Risiko führt.



6 Quellenverzeichnis

- [1] ... Biegelmeier, G.; Basisschutz, Fehlerschutz, Zusatzschutz - neues Konzept für die Sicherheit der Elektrizitätsanwendung; etz etz.106(1985) H.18, S 968-971
- [2] ... Krefter, Karl-Heinz; Zusatzschutz - Dritte Schutzebene gegen gefährliche Körperströme, etz, Heft 3/1987, vde-verlag gmbh, Berlin und Offenbach
- [3] ... PS D 552678, 1928, zitiert aus [4]
- [4] ... Biegelmeier, Kiefer, Krefter; Schutz in elektrischen Anlagen, Band 3: Schutz gegen gefährliche Körperströme; VDE-Schriftenreihe 82, VDE-Verlag GmbH, Berlin und Offenbach, 1998
- [5] ... Biegelmeier, Groiss J., Mörx A. und Wiborny S.: Normen für die Anwendung der Neutralleiter-Schutzerdung (Nullung) als Fehlerschutz in Niederspannungsanlagen. Österreichische Zeitung für Elektrizitätswirtschaft, VEÖ-Journal H. 11 (1996) S.50-62
- [6] ... Gabriel C., Mörx A.; Elektroinstallation in Gebäuden incl. Ergänzungslieferungen 1 bis 4, Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien, 2008
- [7] ... Biegelmeier G.; Gedanken über die Nullung (TN-System) als optimalen Fehlerschutz (Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren) in elektrischen Anlagen, ÖZE Jg. 37 1984 Heft 12.
- [8] ... Biegelmeier G., Mörx A.; Risikoverminderung für Elektrounfälle, Elektrie (1996), H. 9/10/11, S 334-346
- [9] ... Biegelmeier G., Mörx A.; Die Klassifikation der Netzsysteme nach IEC-Publikation 364 - ein fehlerhaftes Konzept, ÖZE 46(1993) 7/8, S 378 bis 382



- [10] ... Biegelmeier G., Kriterien für konventionelle Vereinbarungen über vertretbare Risiken beim Schutz gegen elektrischen Schlag. e&i 123(1996)12, S. 521-583
- [11] ... Biegelmeier G.; Wirksamkeit des Potentialausgleichs als Fehler-schutz; Elektropraktiker, Berlin 54 (2000) 4



7 Verzeichnis der Bilder

Bild 1 Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme in Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung	10
Bild 2 Gefahr und Sicherheit, zweistufiges Schutzkonzept, qualitative Darstellung	12
Bild 3 Gefahr und Sicherheit, dreistufiges Schutzkonzept, qualitative Darstellung	12
Bild 4 Restrisiko nach Ausfall des Basis- und/oder Fehlerschutzes (Schutzmaßnahme: Fehlerstrom-Schutzschaltung) in Stromkreisen mit Steckdosen und in Beleuchtungsstromkreisen; qualitative Darstellung	19
Bild 5 Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme in Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung	20
Bild 6 Zusatzschutz durch Potentialausgleich: Verringerung der unbeeinflussten Berührungsspannung U_{TP} durch den Hauptpotentialausgleich	22
Bild 7 Zusatzschutz durch Potentialausgleich: Verhinderung von Berührungsspannungen bei der Schutztrennung und Doppelfehlern durch einen Potentialausgleichsleiter	23