

Ausgewählte Kapitel der Schutztechnik in Niederspannungsanlagen

Alfred Mörx¹

1 Einleitung

Der Fachbereich der Schutztechnik in elektrischen Niederspannungsanlagen, das heißt, Schutztechnik in Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V Wechsel- bzw. 1500 V Gleichspannung, ist national, in Europa und auch international ein sich rasch weiterentwickelndes Spezialgebiet der Physik und Elektrotechnik.

Dies hängt nicht unwesentlich mit der stetigen Zunahme der Anwendungen der Elektrizität in diesem Spannungsband jedoch auch mit dem fast unerschütterlichen Glauben von elektrotechnischen Laien zusammen, die meinen, dass – unabhängig vom technischen Zustand der Betriebsmittel bzw. der elektrischen Anlagen und auch unabhängig von den jeweiligen Umgebungsbedingungen unter denen Betriebsmittel und Anlagen betrieben werden – Elektrizitätsanwendung jedenfalls völlig ungefährlich sei. Darüber hinaus ist die praktisch jederzeitige Verfügbarkeit von elektrischer Energie – zumindest in den Ländern Europas² – für den elektrotechnischen Laien eine Selbstverständlichkeit geworden.

Dass dieses oben genannte Sicherheitsziel – ich wage eine Prognose - wohl in absehbarer Zeit, durch noch so große technische Anstrengungen, nicht erreichbar sein wird, liegt für mich auf der Hand. Gleichzeitig ist es jedoch notwendig, die Maßnahmen, die zur Einhaltung der Schutzziele notwendig sind, weiter zu verfeinern und wo notwendig auch auszubauen. Dies vor allem auch unter Wahrung bzw. Verbesserung der Verfügbarkeit der elektrischen Energie.

Ich habe für diesen Vortrag einige Kapitel der Schutztechnik in Niederspannungsanlagen ausgewählt, die ich, im Rahmen der zeitlichen Möglichkeiten, im Lichte der jüngeren Entwicklung der anerkannten Regeln der Technik in Österreich, darstellen möchte.

2 Die Begriffswelt des Elektrotechnikgesetzes und des OVE

Mit der letzten Novelle des Elektrotechnikgesetzes³ [2] wurden neue Begriffe bzw. Abgrenzungen von Begriffen im österreichischen Bundesrecht verankert.

Ebenso entstanden in den letzten Jahren im Bereich der nationalen Normungsorganisation OVE im Gefolge der internationalen und europäischen Entwicklung neue Arten von Dokumenten. Gleichzeitig wurde es notwendig, die Bezeichnungen dieser neuen Arten von Dokumenten gegenüber den bisher verwendeten besser abzugrenzen.

¹ Überarbeitete Kurzfassung eines Vortrages, gehalten anlässlich von Veranstaltungen der Eaton Industries (Austria) GmbH im Jänner und März 2020. Eur.-Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx; ÖVE, IEEE Section Reliability; E-Mail: am@diamcons.com. Inhaber und Leiter von diam-consult, eines Ingenieurbüros für Physik mit dem Arbeitsschwerpunkt Risikoanalyse und Schutztechnik in komplexen technischen Systemen. Vorsitzender des Technischen Komitees „Elektrische Niederspannungsanlagen“ und des Technischen Subkomitees „Allgemeine Grundsätze und Schutzmaßnahmen“ des OVE sowie Mitarbeiter in zahlreichen europäischen und internationalen Arbeitsgruppen.

² Zum Unterschied zur Situation in anderen Kontinenten; siehe dazu auch [13]

³ BGBl. Nr. 106/1993, Elektrotechnikgesetz 1992 – ETG 1992, in der Fassung BGBl. I/27/2017



Wenngleich schon große Fortschritte in diesem Bemühen, Begriffe eindeutig zu fassen erzielt wurden, sind künftig sicher noch weitere Anstrengungen zur Erlangung von Klarheit notwendig. Einige der neuen Begriffe werden in den Abschnitten 2.1 und 2.2 erläutert.

2.1 Begriffe aus dem Elektrotechnikgesetz

2.1.1 Nationale elektrotechnische Norm

Eine nationale elektrotechnische Norm, ist eine Norm, die von der elektrotechnischen Normungsorganisation⁴ angenommen wurde; hierbei handelt es sich entweder

a) um eine „*rein österreichische elektrotechnische Norm*“, die innerstaatlich erarbeitet wurde, oder

b) um eine „*übernommene elektrotechnische Norm*“, die ursprünglich von der europäischen Normungsorganisation⁵, der Internationalen Elektrotechnischen Kommission⁶ (IEC) oder einer anderen ausländischen Normungsorganisation angenommen und in der Folge von der elektrotechnischen Normungsorganisation (OVE) in das österreichische elektrotechnische Normenwerk übernommen wurde.

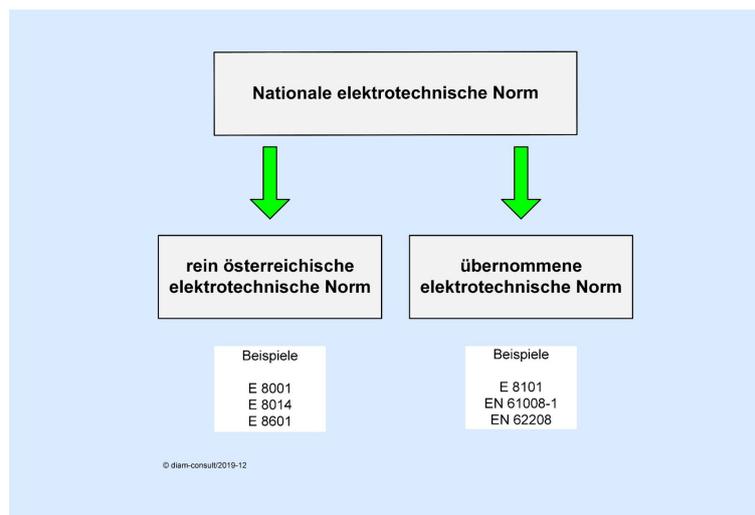


Bild 2-1 Nationale elektrotechnische Norm (Übersicht), Beispiele

Beispiel für eine *rein österreichische elektrotechnische Norm* ist OVE E 8014:2019-01-01; Fundamenteller und ergänzende Maßnahmen mit Erdung und Potentialausgleich für Einrichtungen der Informationstechnik. Beispiel für eine *übernommene elektrotechnische Norm* ist ÖVE/ÖNORM EN 62208:2012-07-01, Leergehäuse für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Allgemeine Anforderungen.

⁴ Verein, dem die Befugnis zur Schaffung und Veröffentlichung von elektrotechnischen Normen zukommt; in Österreich OVE, Eschenbachgasse 9, 1010 Wien. Die in diesem Vortrag genannten anerkannten Regeln der Technik sind beim OVE (www.ove.at) erhältlich.

⁵ Angenommen gemäß Anhang I Z 2 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 zur europäischen Normung, zur Änderung der Richtlinien 89/686/EWG und 93/15/EWG sowie der Richtlinien 94/9/EG, 94/25/EG, 95/16/EG, 97/23/EG, 98/34/EG, 2004/22/EG, 2007/23/EG, 2009/23/EG und 2009/105/EG und zur Aufhebung des Beschlusses 87/95/EWG und des Beschlusses Nr. 1673/2006/EG, ABl. Nr. L 316 vom 14.11.2012 S. 12, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2014/68/EU, ABl. Nr. L 189 vom 27.06.2014 S. 164

⁶ Internationale Normungsorganisation gemäß Art. 2 Z 9 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012



2.1.2 Elektrotechnisches Referenzdokument

Ein elektrotechnisches Referenzdokument ist eine aus Wissenschaft und Erfahrung abgeleitete, von Stellen, die über elektrotechnische Fachkompetenz verfügen, herausgegebene technische Regelung, die sich auf Errichtung, Betrieb, Instandhaltung, Prüfung und Wartung, oder auf ein Verfahren betreffend elektrische Anlagen bezieht, mit Ausnahme elektrotechnischer Normen.

2.1.3 Verbindliche Bestimmungen für die Elektrotechnik

Rein österreichische elektrotechnische Normen oder elektrotechnische Referenzdokumente können durch Gesetz oder Verordnung zur Gänze oder teilweise *verbindlich erklärt* werden.

2.1.4 Kundgemachte (verlautbarte) Bestimmungen für die Elektrotechnik

Durch *Kundmachung* im Bundesgesetzblatt können Bestimmungen für die Elektrotechnik *verlautbart* werden, deren Anwendung zwar nicht verbindlich ist, bei deren Anwendung aber die Anforderungen an die Sicherheit⁷ als erfüllt angesehen werden.

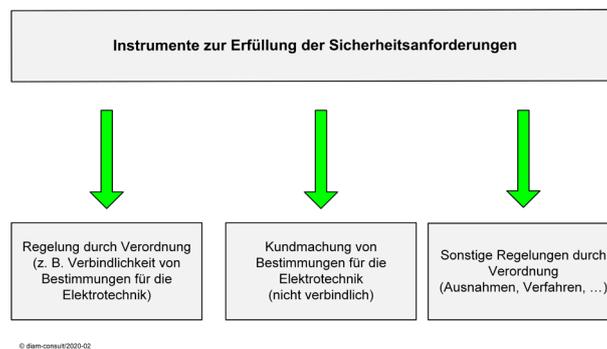


Bild 2-2 Instrumente zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen des ETG-1992 (Auszug)

2.2 Begriffe und Dokumente des OVE

Für die tägliche Praxis sind vor allem zwei Gruppen von Dokumenten wesentlich: OVE-Normen und OVE-Richtlinien, darüber hinaus auch noch Fachinformationen, die kurze praxisbezogene Erläuterungen zu einer Norm, Normenreihe oder OVE-Richtlinie beinhalten.

2.2.1 OVE-Norm

OVE-Normen⁸ sind normative Dokumente, die von einem Technischen Komitee des OVE erarbeitet bzw. angenommen wurden. Die Erstellung einer OVE-Norm unterliegt den Regeln des Konsens- und öffentlichen Einspruchsverfahrens.

2.2.2 OVE-Richtlinien

OVE-Richtlinien⁹ sind normative Dokumente mit technischen Anforderungen oder Anleitungen, die von einer Interessensgruppe ausgearbeitet wurden. OVE-Richtlinien bieten die Möglichkeit, neue normative Anforderungen in einer kurzen Zeitspanne zu veröffentlichen, um so schneller auf die Anforderungen des Marktes reagieren zu können. Eine OVE-Richtlinie darf nicht im Widerspruch zu einer OVE-Norm stehen.

⁷ Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiet der Elektrotechnik gemäß Elektrotechnikgesetz § 3, Abs. 1 und 2 [2].

⁸ Quelle: <https://www.ove.at/ove-standardization/elektrotechnische-normung/dokumente-von-ove-standardization> ; abgerufen am: 17.12.2019

⁹ Quelle: <https://www.ove.at/ove-standardization/elektrotechnische-normung/dokumente-von-ove-standardization> ; abgerufen am: 17.12.2019



Beispiele für OVE-Richtlinien sind:

OVE-Richtlinie R 12-1:2013-10-01; Brandschutz in elektrischen Anlagen -- Teil 1: Ergänzende Brandschutzanforderungen an Transformatorstationen, Kompakt-Transformatorstationen und an Räume mit elektrischen Schaltanlagen oder *OVE Richtlinie R 12-2:2019-01-01*; Brandschutz in elektrischen Anlagen – Teil 2: Ergänzende brandschutztechnische Anforderungen an elektrische Betriebsstätten und an elektrische Kabel- und Leitungsanlagen in elektrischen Niederspannungsanlagen.

3 Sicherheit und Gefahr

Der Begriff der Sicherheit, definiert als "*Freiheit von unvermeidbaren Schadensrisiken*" wird von mir immer wieder in Erinnerung gerufen[4], [6]. *Sicherheit* und *Gefahr* sind komplementäre Begriffe, die einander grundsätzlich ausschließen.

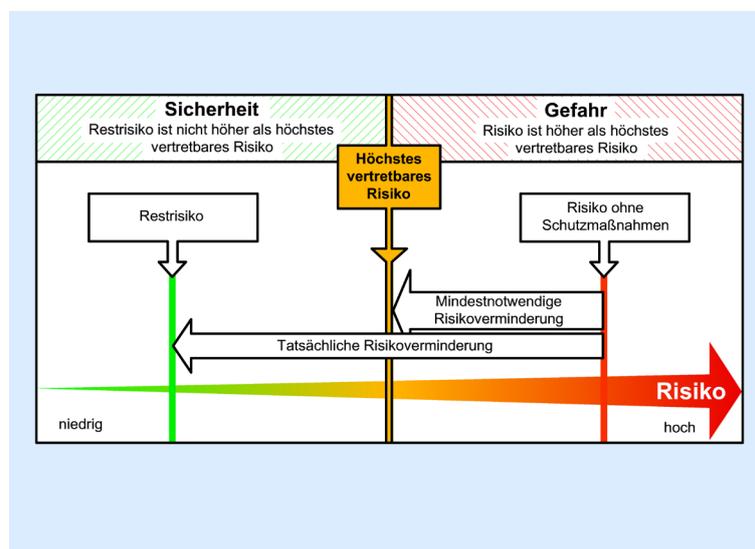


Bild 3-1 Grundsätze der Sicherheitsphilosophie für Niederspannungsanlagen und Niederspannungsbetriebsmittel aus risiko-technischer Sicht. Verringerung des Restrisikos durch zusätzliche Maßnahmen, die zur deutlichen Unterschreitung des höchsten vertretbaren Risikos („Grenzrisiko“) in Richtung hoher Sicherheit führen.

Dies bedeutet, dass Sicherheit jedes *unvertretbare* Schadensrisiko ausschließt und es erlaubt, eine Situation eindeutig als "Sicher" oder "Gefährlich" zu klassifizieren. Ziel der Planung, der Errichtung, des Betriebs, der Instandhaltung und Prüfung von Niederspannungsanlagen ist es, Sicherheit zu erreichen, zu erhalten und Gefahren auszuschließen.

Die Abgrenzung von Gefahr und Sicherheit ist durch die Einführung des Begriffs "Höchstes vertretbares Risiko" getroffen; diese Zusammenhänge sind in Bild 3-1 dargestellt.

In der Praxis muss bei Planung und Ausführung von elektrischen Anlagen und auch bei der Herstellung von Betriebsmitteln durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass das Risiko, das nach Anwendung einer Schutzmaßnahme verbleibt, möglichst gering, in keinem Fall jedoch größer als das höchste vertretbare Risiko ist.

Dieses „höchste vertretbare Risiko“, oft auch als das „Grenzrisiko“ bezeichnet, muss in jedem Fall - in Richtung Sicherheit - erreicht werden; insofern stellen alle Maßnahmen, die dazu beitragen, dass dieses *Grenzrisiko* erreicht wird, Mindestmaßnahmen zur Risikominderung dar. Die *in den anerkannten*



*Regeln der Technik*¹⁰ enthaltenen Anforderungen legen diese *schutztechnischen Minimalanforderungen* fest.

Dieses höchste vertretbare Risiko darf jedoch keinesfalls mit dem Begriff des Restrisikos (siehe Bild 3-1) verwechselt werden, da es ja das Bestreben jedes mit sicherheitsrelevanten Aufgaben beschäftigten Technikers sein muss, das auch bei Anwendung von technischen Maßnahmen niemals vollständig auszuschließende Restrisiko *möglichst weit unter das höchste vertretbare Risiko* zu drücken; d. h. möglichst weit in Richtung niedriges Risiko zu schieben.

4 Fähigkeiten von Personen

Die Installations- und Auswahlregeln in OVE E 8101 nehmen in einigen Abschnitten Bezug auf „Fähigkeiten von Personen“.

BA1	Laien
BA2	Kinder
BA3	Menschen mit einer Beeinträchtigung
BA4	Elektrotechnisch unterwiesene Person
BA5	Elektrofachkräfte

Tabelle 4-1 Fähigkeiten von Personen (Auszug)

Dies bedeutet, dass sich die Planung und Errichtung (und natürlich auch der sichere Betrieb) von Niederspannungsanlagen sowie die Auswahl von Betriebsmitteln an die Fähigkeiten der Personen, die sich während des Betriebs (der Benutzung) in der Anlage (im jeweiligen Anlagenteil) aufhalten, angepasst werden müssen.

Darüber hinaus werden noch Bereiche definiert, die nicht allgemein zugänglich sind, sondern der Definition für „Bereich mit eingeschränkter Zugangsberechtigung“¹¹ entsprechen. Es handelt sich dabei um einen Bereich oder Bereiche, zu dessen Zugang nur Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen berechtigt sind¹².

5 Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen

In der internationalen Diskussion zur Formulierung der Grundsätze des Schutzes gegen elektrischen Schlag¹³ wurde in den letzten Jahren die anerkannte Regel der Technik OVE EN 61140 [15] neu überarbeitet. Aus dieser sind Begriffe und Inhalte auch in die nationale anerkannte Regel der Technik E 8101 aus dem Jahr 2019 eingeflossen.

¹⁰ Nationale anerkannte Regeln der Technik für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Anlagen; Europäische anerkannte Regeln der Technik (EN) bzw. Internationale anerkannte Regeln der Technik (IEC), für die Herstellung von Betriebsmitteln. *Anerkannte Regeln der Technik* sind technische Festlegungen, die von einer Mehrheit repräsentativer Fachleute als Wiedergabe des Standes der Technik (zu einem bestimmten Zeitpunkt) angesehen werden.

¹¹ OVE E 8101, Teil 2, Definition gemäß IEV 826-18-04

¹² OVE E 8101, Teil 7-729; Bedienungsgänge und Instandhaltungsgänge sowie Bereiche mit eingeschränkter Zugangsberechtigung

¹³ IEC TC 64, Arbeitsgruppe MT 17; Basic requirements for protection against electric shock



Unter einer *Schutzvorkehrung*¹⁴ versteht man eine unabhängige Vorkehrung zum Schutz gegen elektrischen Schlag unter vorgegeben Bedingungen. Kombiniert man Schutzvorkehrungen in geeigneter Art dann entsteht eine Schutzmaßnahme. Eine *Schutzmaßnahme*¹⁵ ist demnach eine geeignete Kombination von Schutzvorkehrungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag.

Zwei Begriffe sollen hier vorgestellt werden. Es sind dies die Begriffe *Schutzvorkehrung* und *Schutzmaßnahme*. Diese sollen dabei helfen, das Schutzkonzept gegen elektrischen Schlag verständlich zu machen.

		SCHUTZMASSNAHMEN		
		Nullung	Fehlerstrom-Schutzschaltung	Isolationsüberwachungssystem
SCHUTZVORKEHRUNGEN	Basisschutzvorkehrung	Basisisolierung	Basisisolierung	Basisisolierung
	Fehlerschutzvorkehrung	automatische Abschaltung der Stromversorgung beim ersten Fehler	automatische Abschaltung der Stromversorgung beim ersten Fehler	Meldung beim ersten Fehler automatische Abschaltung der Stromversorgung beim zweiten Fehler <i>Sonderfall:</i> automatische Abschaltung der Stromversorgung beim ersten Fehler
		Schutzpotentialausgleich	Schutzpotentialausgleich	Schutzpotentialausgleich
	Zusätzliche Schutzvorkehrungen (Zusatzschutz)	FI-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	FI-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	
		zusätzlicher Schutzpotentialausgleich	zusätzlicher Schutzpotentialausgleich	

Tabelle 5-1 Zusammenhang Schutzvorkehrungen und Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag; ausgewählte Beispiele

Schutzmaßnahmen werden aus Schutzvorkehrungen „gebaut“, damit das Schutzziel, in unserem Fall der Schutz gegen elektrischen Schlag, erreicht wird. Oder, anders formuliert, dass das Risiko eines elektrischen Schlages unterhalb des höchsten vertretbaren Risikos (also jedenfalls im Bereich „Sicherheit“) liegt.

Beispiele für Schutzvorkehrungen sind: Basisisolierung, zusätzliche Isolierung, Schutzpotentialausgleich, automatische Abschaltung der Stromversorgung. Beispiele für Schutzmaßnahmen und deren Zusammenhang mit Schutzvorkehrungen sind in Tabelle 5-1 angegeben.

¹⁴ OVE EN 61140:2016-12-01; Abschnitt 3.44

¹⁵ OVE EN 61140:2016-12-01; Abschnitt 3.45



6 Zusatzschutz (zusätzlicher Schutz)

Die Verwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungsfehlerstrom (Nennstrom) von $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ hat sich im Wechselstromsystem in den letzten Jahrzehnten als wirkungsvolle Schutzvorkehrung bei sorglosem Umgang durch Benutzer elektrischer Anlagen bewährt.

Aus schutztechnischer Sicht wird in Österreich schon seit einigen Jahrzehnten für den Betrieb von ortsveränderlichen Betriebsmitteln, also jedenfalls in Stromkreisen mit Steckdosen und für alle Anlagen(teile), in denen mit besonderer Gefährdung gerechnet werden muss (z. B. in Räumen und Orte mit Badewanne oder Dusche, in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten, auf Baustellen), der Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennfehlerstrom (Bemessungsfehlerstrom) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ für den Zusatzschutz gefordert.

Eine Besonderheit des *Zusatzschutzes* liegt darin, dass er auch dann noch (im Rahmen seines Schutzzumfanges!) wirksam sein (bleiben) muss, wenn Basisschutzvorkehrungen (Schutz gegen direktes Berühren) und/oder Fehlerschutzvorkehrungen (Schutz bei indirektem Berühren) nicht (mehr) wirksam sind.

Konsequent weitergedacht folgt daraus, dass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, die dem Zusatzschutz dienen, nicht auch dem Fehlerschutz dienen dürfen.

Dies ist besonders in elektrischen Anlagen, in denen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen verwendet werden, wesentlich.

So auch in Anlagen mit Schutzmaßnahme Nullung, in denen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für die Abschaltung verwendet werden. Für den Zusatzschutz ist in diesen Fällen eine weitere Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (z. B. Fehlerstrom-Schutzschalter) einzusetzen. Auf das selektive Schalten (Selektivitätsbedingungen) zwischen hintereinandergeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist dabei zu achten.

Die Installation von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Zusatzschutz, ohne dass eine Schutzvorkehrung des Fehlerschutzes wirksam ist, *ist als Schutzmaßnahme nicht anerkannt*.

Allgemein gilt, wie bisher¹⁶, dass die Schutzvorkehrung¹⁷ Zusatzschutz (zusätzlicher Schutz) mittels Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nur in Anlagen für Wechselspannung in denen eine der Schutzmaßnahmen¹⁸

- Nullung
- Fehlerstrom-Schutzschaltung
- Überstrom-Schutzerdung

anzuwenden ist¹⁹.

¹⁶ OVE EN 1, ÖVE/ÖNORM E 8001

¹⁷ Schutzvorkehrung: unabhängige Vorkehrung zum Schutz gegen elektrischen Schlag unter vorgegeben Bedingungen

¹⁸ Schutzmaßnahme: geeignete Kombination von Schutzvorkehrungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag

¹⁹ Weitergehende Anforderungen in so genannten „Besonderen Anlagen“ gemäß OVE E 8101, Teil 7 sind möglich!



In diesen Anlagen sind Stromkreise mit Steckdosen mit einem Bemessungsstrom (Nennstrom) von höchstens 20 A mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Bemessungsfehlerstrom (Nennfehlerstrom) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ zu schützen (siehe die Beispiele in Bild 6-1, Bild 6-2 und Bild 6-3).

Um die Verfügbarkeit der elektrischen Energie derart (zusatz-)geschützter Stromkreise nicht unnötig herabzusetzen, wird empfohlen, für den Zusatzschutz FI-Schutzeinrichtungen mit ausreichender Stoßstromfestigkeit und Fehlauflösungsfestigkeit (z.B. Bauart G) auszuwählen.

Obwohl der Zusatzschutz nur für Stromkreise mit Steckvorrichtungen bis einschließlich $I_n = 20 \text{ A}$ normativ vorgeschrieben ist, sollten wo immer möglich auch Stromkreise mit $I_n > 20 \text{ A}$ mit dieser wichtigen Schutzvorkehrung ausgestattet werden.

Diese Anforderung gilt gemäß OVE E 8101²⁰ auch für Stromkreise aus denen ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel für die Verwendung im Freien mit einem Bemessungsstrom von höchstens 32 A gespeist werden.

Damit sind zum Beispiel auch Stromkreise mit Steckdosen mit einem Bemessungsstrom von höchstens 32 A - unabhängig von ihrer Bauform - die zum Beispiel in Kellerräumen, in Garagen, Werkstätten für Heimwerker angebracht sind, oder Steckdosen im Freien, die für die Speisung von ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmittel, die im Freien verwendet werden, mittels Zusatzschutz zu schützen.

In Hausinstallationen und ähnlichen Anwendungen darf von diesen Anforderungen nicht abgewichen werden.

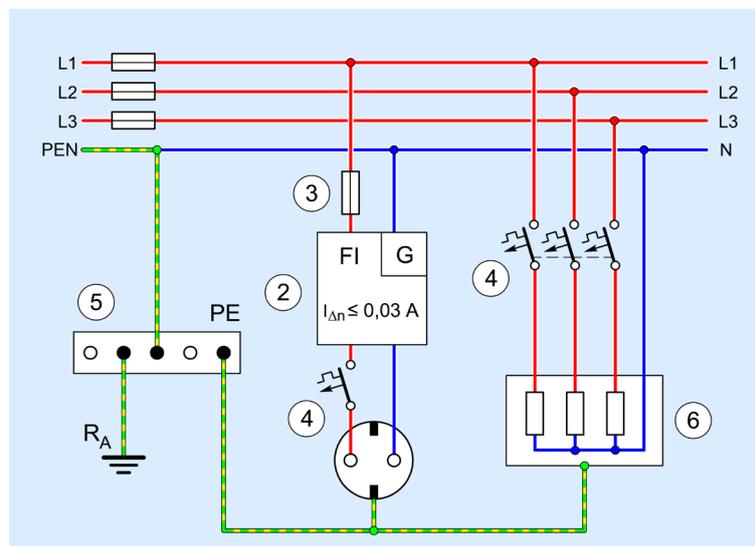


Bild 6-1 Beispiel: Schutzmaßnahme **Nullung** (Automatische Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen) mit Zusatzschutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (symbolhafte Darstellung);
2 ... Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 0,03 \text{ A}$ für den Zusatzschutz (zusätzlichen Schutz), **Typ G**; 3 ... Überstrom-Schutzeinrichtung für den Leitungsschutz, Fehlerschutz und ggf. für den thermischen Schutz der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (2); 4 ... Überstrom-Schutzeinrichtung für den Leitungsschutz und Fehlerschutz
5 ... Haupterdungsschiene bzw. Potentialausgleichsschiene; 6 ... Betriebsmittel, fest angeschlossen (dreiphasig)^

²⁰ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 415.1.001.AT

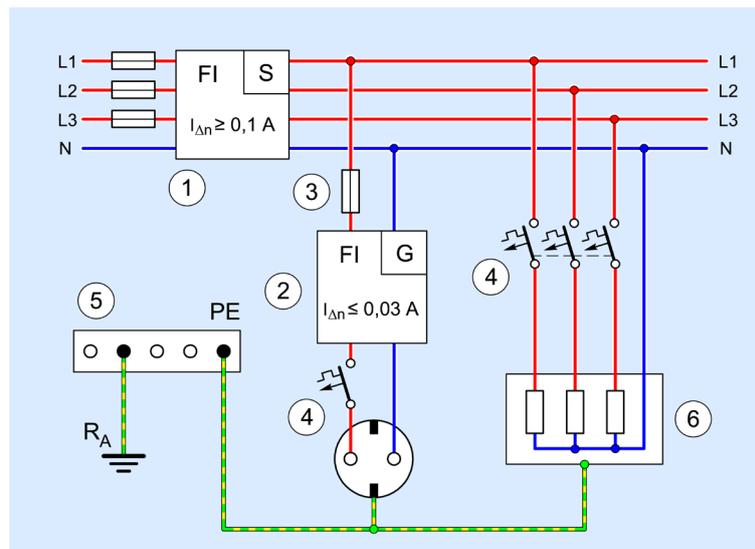


Bild 6-3 Beispiel: Schutzmaßnahme Fehlerstrom-Schutzschaltung mit Zusatzschutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (symbolhafte Darstellung);

1 ... Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für den Fehlerschutz mit einem Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n} \geq 0,1 \text{ A}$, Typ S; 2 ... Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 0,03 \text{ A}$ für den Zusatzschutz (zusätzlichen Schutz), Typ G; 3 ... Überstrom-Schutzeinrichtung für den Leitungsschutz, ggf. für den thermischen Schutz der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (2); 4 ... Überstrom-Schutzeinrichtung für den Leitungsschutz; 5 ... Haupterdungsschiene bzw. Potentialausgleichsschiene; 6 ... Betriebsmittel, fest angeschlossen (dreiphasig)

Die Anforderungen an den Zusatzschutz aus der aktuellen Fassung der Elektroschutzverordnung [7], in der diese Sonderfälle nicht enthalten sind, sind zu beachten.

7 Schutzvorkehrung „Automatische Abschaltung der Stromversorgung“

Immer dann, wenn als Schutzvorkehrung des Fehlerschutzes „automatische Abschaltung“²³ der Stromversorgung²⁴ eingesetzt wird, sind - je nach Netzsystem - maximale Ausschaltzeiten gefordert.

Es sind in OVE E 8101:2019-01-01, Teil 4-41 jedoch auch Anforderungen für „schutztechnische Sonderfälle“ enthalten in denen die Schutzvorkehrung *automatische Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall* mit den geforderten maximalen Ausschaltzeiten nicht realisierbar²⁵ ist.

Es lassen sich die nachstehend angeführten Methoden zur Erreichung eines Zustandes mit vertretbarem Restrisiko gegen schädlichen elektrischen Schlag²⁶ nach Auftreten eines Körperschlusses unterscheiden:

- Spannungsherabsetzung mit nachfolgender Trennung
- Keine Spannungsherabsetzung mit zusätzlichem Schutzpotentialausgleich und nachfolgender Trennung

²³ automatische Abschaltung der Stromversorgung: Unterbrechung eines oder mehrerer Außenleiter durch selbsttätiges Ansprechen einer Schutzeinrichtung im Falle eines Fehlzustands. Alle Einrichtungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag durch automatische Abschaltung der Stromversorgung müssen zum Trennen die geeignet sein. Siehe dazu OVE E 8101, Teil 4 - 46 und Abschnitt 537.

²⁴ OVE E 8101, Unterabschnitt 411.3.2

²⁵ feasible (en): durchführbar, ausführbar, möglich, machbar, realisierbar, realistisch

²⁶ Schädlicher elektrischer Schlag; elektropathologische Wirkungen, die vorübergehend oder dauernd die Gesundheit eines Menschen oder Nutztieres beeinträchtigen können. Sekundärwirkungen, wie Schreckreaktionen, z. B. Sturz von einer Leiter, sind in dieser Definition nicht enthalten[5].



7.1 Spannungsherabsetzung

Für Systeme, die eine Nennspannung U_0 größer AC 50 V oder DC 90 V haben, ist eine automatische Abschaltung in den geforderten Zeiten nicht verlangt, wenn die Ausgangsspannung der Stromquelle in einer Zeit, die den jeweiligen maximalen Ausschaltzeiten entspricht, auf AC 50 V oder DC 90 V oder weniger herabgesetzt werden.

Dazu kommt, dass innerhalb einer Zeit von 5 Sekunden nach Unterschreiten des Wertes AC 50 V oder DC 90 V eine Ausschaltung, zumindest des fehlerbehafteten Stromkreises, erfolgen muss.

Hinsichtlich der für die Ausschaltung eingesetzten Einrichtung gilt folgende Anforderung:

Die verwendete Einrichtung muss zum Trennen²⁷ geeignet sein. Wird die elektrische Anlage durch elektrotechnische unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) betrieben oder überwacht und fällt die elektrische Anlage nicht unter den Begriff „Hausinstallation²⁸“, dann ist die Eigenschaft der Trennung nicht zwingend gefordert²⁹.

7.2 Keine Spannungsherabsetzung

In einigen Fällen ist die automatische Abschaltung in den dafür vorgesehenen maximalen Ausschaltzeiten (unter Einschluss der Möglichkeiten bei Schutzmaßnahme Nullung die Ausschaltstromfaktoren (m-Faktoren) entsprechend zu wählen) und auch eine Spannungsabsenkung nicht möglich³⁰.

In diesen Fällen ist ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich zu errichten, **ergänzend dazu ist der fehlerbehaftete Stromkreis innerhalb einer Zeit von 5 Sekunden auszuschalten.** Die Wirksamkeit des zusätzlichen Potentialausgleichs ist durch Prüfung nachzuweisen³¹.

Die für die Ausschaltung eingesetzte Einrichtung muss zum Trennen geeignet sein. Auch hier gilt die Ausnahme dass die Eigenschaft der Trennung nicht gefordert wird, wenn die betreffende elektrische Anlage nicht unter den Begriff „Hausinstallation“ fällt und durch elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder Elektrofachkräfte (BA5) betrieben oder überwacht wird.

Die Schutzvorkehrung Automatische Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall kann auch noch in einem weiteren „Spezialfall“ zum Einsatz kommen, **der jedoch nicht mit jenen unter 7.1. und 7.2 verwechselt werden darf.** Nämlich dann, wenn *automatische Abschaltung beim ersten Fehler bei Schutzmaßnahme Isolationsüberwachungssystem* installiert werden soll.

Dies zum Beispiel bei Anwendung der Schutzmaßnahme Isolationsüberwachungssystem in Anlagen besonderer Art (z. B. bei Versorgung von mehreren von Hand geführten elektrischen Verbrauchsmitteln über einen einzelnen Transformator). In diesen Fällen ist beim Auftreten des ersten Fehlers

²⁷ OVE E 8101:2019-01-01, Anhang 537.A, Geräte zum Trennen und Schalten

²⁸ Hausinstallation: Starkstromanlage mit Nennspannungen bis 250 V gegen Erde für alle Wohnbereiche sowie andere Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 250 V gegen Erde, die in Umfang und Art der Ausführung den Starkstromanlagen für Wohnräume entsprechen. Büroräume, Geschäftslokale, Schulen, Amtsräume, Gaststätten, und Hotels u. dgl. sind Wohnräumen im Sinne dieser Begriffsbestimmung gleichzusetzen. Definition gemäß OVE E 8101:2019-01-01, Teil 2, Abschnitt 204.NE.17

²⁹ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 411.3.2.5

³⁰ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 411.3.2.6

³¹ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 415.2.2



ebenso eine Ausschaltung innerhalb von 5 Sekunden erforderlich. Die Unterbrechung der Außenleiter hat durch Einrichtungen zu erfolgen, die zum Trennen geeignet sind.

Ausnahmen hinsichtlich der die Eigenschaft der Trennung gibt es in diesen Anwendungen nicht!

8 Schutz gegen thermische Einflüsse

8.1 Serielle und parallele Lichtbogen in Endstromkreisen

Die Entstehung eines Brandes durch Fehlerlichtbogen in der Niederspannungsinstallation kann u. a. nachstehend angeführte Ursachen haben:

- Isolationsdefekt zwischen aktiven Leitern
- Leitungsbeschädigung oder Leitungsbruch durch äußere mechanische Einwirkungen
- Klemmstellen, die durch äußere Einflüsse oder thermischer Überlastung erhöhten Widerstand aufweisen

8.2 Erfassung von Lichtbogen mittels Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen

Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD) sind Einrichtungen zur Begrenzung der Auswirkung von Fehlerlichtbogen durch Abschaltung des Stromkreises, wenn ein Fehlerlichtbogen festgestellt wird³² [10]. Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen sollen das Risiko der Zündung eines Brandes durch Elektrizität in den nachgeschalteten Einrichtungen begrenzen.

Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen zerlegen den jeweils erfassten Strom des jeweiligen Endstromkreises zur Analyse in einen niederfrequenten und hochfrequenten Anteil.

Diese beiden Signale dienen als Grundlage für die Lichtbogenerkennung und werden von einem Mikrocontroller ausgewertet, ob es sich um das charakteristische HF-Signal eines seriellen oder parallelen Lichtbogens, oder um das HF-Rauschen eines Verbrauchsmittels, wie z. B. eines Bürstenmotors oder eines elektronischen Transformators handelt. Im ersten Fall wird die Ausschaltung des betreffenden Stromkreises bewirkt, im zweiten Fall wird nicht ausgeschaltet.

Je nach Ausführung des AFDD kann als Schaltvorrichtung natürlich auch z. B. ein LS/FI-Schalter (Schutzeinrichtung mit integrierter AFD-Einheit) zum Einsatz kommen. Damit kann in Endstromkreisen mit Steckdosen auch Zusatzschutz und Fehlerlichtbogenschutz durch ein einziges Schutzgerät realisiert werden.

Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen **werden ausschließlich in Endstromkreise eingebaut**. In Bild 8-1 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Niederspannungsanlage mit Schutzmaßnahme Nullung (TN-System) für den Fehlerschutz und Zusatzschutz für Stromkreise mit Steckdosen dargestellt.

³² Definition gemäß ÖVE/ÖNORM EN 62606:2014-09-01, Abschnitt 3.3

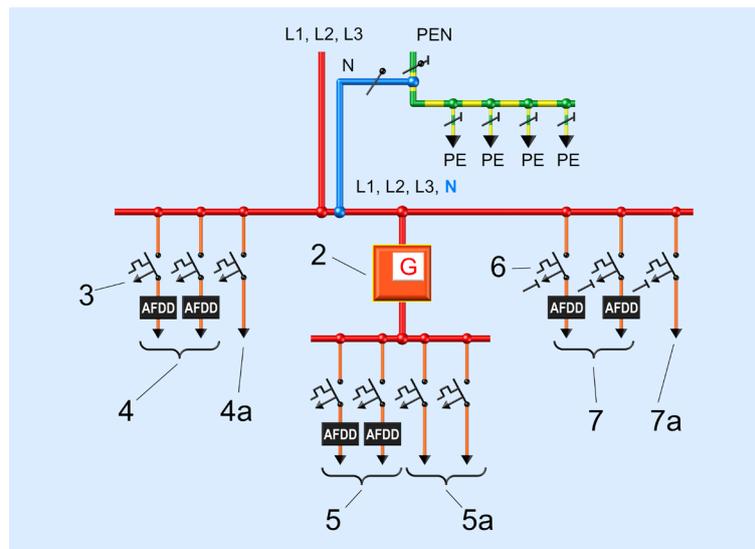


Bild 8-1 Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen in Endstromkreisen von Niederspannungsanlagen mit Schutzmaßnahme Nullung (TN-System) für den Fehlerschutz, einzelne Stromkreise mit Schutzvorkehrung Zusatzschutz; Ausführungsbeispiel, schematische Darstellung;

- 2 ... Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCCB) des Typs G gemäß ÖVE/ÖNORM E 8601:2015-02-01 für den Zusatzschutz von Stromkreisen mit Steckdosen; 3 ... Leitungsschutzschalter, auch als Kombination von RCBO (FI/LS) und AFDD; 4 ... Stromkreise für fest angeschlossene elektrische Betriebsmittel und Schutz mittels AFDD; 4a ... Stromkreis für fest angeschlossene elektrische Betriebsmittel; 5 ... Stromkreise mit Steckdosen, Zusatzschutz und Schutz mittels AFDD, auch als Kombination von RCBO (FI/LS) und AFDD; 5a ... Stromkreise mit Steckdosen; 6 ... Kombinierte Leitungsschutz-/Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCBO, FI/LS)) für den Zusatzschutz von Stromkreisen mit Steckdosen; 7 ... Stromkreise mit Steckdosen, Zusatzschutz und Schutz mittels AFDD, auch als Kombination von RCBO (FI/LS) und AFDD; 7a ... Stromkreis mit Steckdosen, Zusatzschutz

8.3 Anforderungen in OVE E 8101

Diese neue Technologie, Fehlerlichtbogen zu erkennen, hat auch in die aktuelle Ausgabe von OVE E 8101 Eingang gefunden. Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen sind in Stromkreisen von Hausinstallationen³³ dazu bestimmt, Auswirkungen von Lichtbogen zu reduzieren.

Nicht für alle Endstromkreise in Hausinstallationen wird der Einbau von Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen von der anerkannten Regel der Technik gefordert. *Gefordert*³⁴ ist jedoch, dass alle Endstromkreise mit Nennströmen bis einschließlich 16 A Wechselspannung in Schlafräumen von Heimen für behinderte oder alte Menschen, in Schlafräumen von Kindergärten und in Räumen oder Orten mit einem Brandrisiko durch verarbeitete oder gelagerte Materialien mit Fehler-Lichtbogenschutz-einrichtungen zu schützen sind.

Eine *Empfehlung* für den Einbau dieser Schutzeinrichtungen gibt es für Endstromkreise mit Nennströmen bis einschließlich 16 A Wechselspannung in Schlafräumen in Wohngebäuden (insbesondere bei Nutzung durch in ihrer Mobilität dauerhaft eingeschränkten Personen infolge körperlicher oder geistiger Beeinträchtigung) und für Räume oder Orte mit Gefährdungen für unersetzbare Güter.

³³ Hausinstallation: Starkstromanlage mit Nennspannungen bis 250 V gegen Erde für alle Wohnbereiche sowie andere Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 250 V gegen Erde, die in Umfang und Art der Ausführung den Starkstromanlagen für Wohnräume entsprechen. Büroräume, Geschäftslokale, Schulen, Amtsräume, Gaststätten, und Hotels u. dgl. sind Wohnräumen im Sinne dieser Begriffsbestimmung gleichzusetzen.

³⁴ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 421.7



9 Auswahl von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Die Anforderungen an die Auswahl und Anordnung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen findet man in E 8101, Teil 5-53 sowie im Teil 7 für „Besondere Anlagen“. Zwei wesentliche, manchmal etwas weniger beachtete Anforderungen, sind nachstehend dargestellt.

9.1 Auswahl in Abhängigkeit des Zugangs (Zutritts)

Vor der Auswahl der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für Niederspannungsanlagen für Wechselstrom müssen – neben den übrigen schutztechnischen Anforderungen zum Beispiel für Fehlerschutz, Zusatzschutz oder Erdschluss-Brandschutz – auch die Zugangsbedingungen zu den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen der elektrischen Anlage (oder des Anlagenteils) bekannt sein.

Das bedeutet, dass der Planer bzw. der Errichter, aber später auch der Betreiber elektrischer Niederspannungsanlagen (z. B. bei Änderungen oder Erweiterungen), bei der Auswahl der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen hat, welche Gruppe von Personen FI-Schutzeinrichtungen (ungehindert) betätigen kann, bzw. *sinnvollerweise betätigen können muss*. So sind zum Beispiel Leistungsschalter mit integriertem Fehlerstromschutz und modulare Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen gemäß OVE EN 60947-2 in Wohnungen als Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, nicht einsetzbar.

Diese Anforderungen sind in Tabelle 9-1 im Überblick zusammengestellt. Die in Tabelle 9-1 genannten anerkannten Regeln der Technik umfassen sowohl netzspannungsunabhängige³⁵ wie auch netzspannungsabhängige³⁶ Bauformen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

Zutrittsbedingungen	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen müssen den Anforderungen aus den angegebenen anerkannten Regeln der Technik entsprechen
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind für ▪ Laien (BA1), ▪ Kinder (BA2) oder ▪ Menschen mit einer Beeinträchtigung (BA3) zugänglich	<ul style="list-style-type: none">▪ OVE EN 61008-1 für Fehlerstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz, oder▪ OVE EN 61009-1 für Fehlerstrom-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz, oder▪ ÖVE/ÖNORM EN 62423 für Fehlerstrom-Schutzschalter mit und ohne eingebauten Überstromschutz.
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sind ausschließlich für ▪ elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder ▪ Elektrofachkräfte (BA5) zugänglich	<ul style="list-style-type: none">▪ OVE EN 61008-1 für Fehlerstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz, oder▪ OVE EN 61009-1 für Fehlerstrom-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz, oder▪ ÖVE/ÖNORM EN 62423 für Fehlerstrom-Schutzschalter mit und ohne eingebauten Überstromschutz.▪ OVE EN 60947-2 für Leistungsschalter mit integriertem Fehlerstromschutz und modulare Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Tabelle 9-1 Auswahl von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen; entnommen³⁷ [9]

³⁵ netzspannungsunabhängige Bauform: Schaltgerät, bei dem die Funktionen der Erfassung, der Auswertung und der Abschaltung **nicht** von der Netzspannung abhängen

³⁶ netzspannungsabhängige Bauform: Schaltgerät, bei dem die Funktionen der Erfassung, der Auswertung oder der Abschaltung von der Netzspannung abhängen

³⁷ OVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 531.3.4



9.2 Unerwünschte (ungewollte) Auslösungen („Fehlauslösungen“)

Grundsätzlich müssen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen so ausgewählt und installiert werden, dass das Risiko von unerwünschten Auslösungen möglichst gering ist. Dabei wird auch auf den Einsatz von kurzzeitverzögerten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) (z. B. Typ G) hingewiesen.

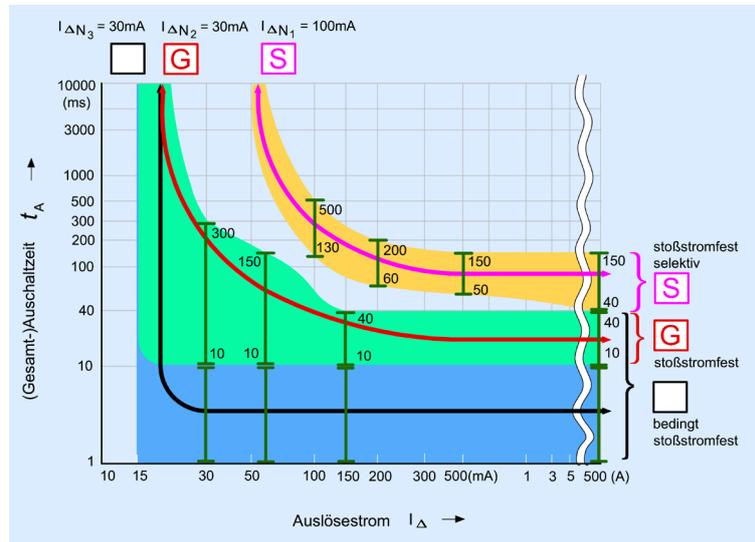


Bild 9-1 Selektivität von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs S, G und bedingt stoßstromfester Typ

Zur Erreichung dieses Ziels, sind nachstehend angeführte Maßnahmen hilfreich³⁸:

- Begrenzung der zu erwartenden Schutzleiter- und Erdfehlerströme der an eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung angeschlossenen Stromkreise. Die Summe dieser Ströme darf den 0,3-fachen Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$ nicht überschreiten.
- Einsatz von kurzzeitverzögerten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (z. B. Typ G)
- Sorgfältige Koordinierung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des allgemeinen Typs, selektiver Typen und zeitverzögerter Typen (siehe Bild 9-1)

Selektives Schalten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist dann gegeben, wenn

- der Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$ der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mindestens dreimal so groß ist wie der Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$ der nachgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung („3:1-Regel“) **und**
- die vorgeschaltete Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ S oder zeitverzögert mit entsprechender Einstellung³⁹ ist.
- Selektivität ist ebenso gegeben, wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Typs M⁴⁰ einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Typs S unter Beachtung der „3:1-Regel“ vorgeschaltet ist.

³⁸ ÖVE E 8101:2019-01-01, Unterabschnitt 531.3.2

³⁹ Im Fall von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einstellbarem Bemessungsfehlerstrom und einstellbarer Zeitverzögerung müssen Herstellerangaben zur Selektivität berücksichtigt werden.

⁴⁰ ÖVE/ÖNORM E 8603:2015-11-01 Zeitverzögerte Fehlerstrom-Schutzschalter des Typs M ohne eingebautem Überstromschutz zur Anwendung in Stromkreisen mit Nennströmen über 32 A -- Ergänzung zu ÖVE/ÖNORM EN 61008-1



- Sorgfältige Koordinierung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit Überspannungs-Schutzeinrichtungen

10 Zusammenfassung

In diesem Vortrag habe ich versucht, einige aktuelle Entwicklungen im Bereich der in Österreich geltenden anerkannten Regeln der Technik zur Planung und Ausführung von schutztechnischen Maßnahmen in elektrischen Niederspannungsanlagen darzustellen und zu erläutern.

Die Basis für diese Ausführungen bilden das österreichische Elektrotechnikrecht, die anerkannten Regeln der Technik OVE E 8101:2019-01-01 sowie eigene, über Jahrzehnte gewonnene, praktische Erfahrungen in der schutztechnischen Analyse und Beurteilung von Niederspannungsanlagen und -betriebsmitteln.

11 Literaturhinweise

- [1] Ludwar, G., Mörx, A., Elektrotechnikrecht, Praxisorientierter Kommentar; ÖVE, FEEL, ON, Wien 2007, ISBN: 978-3-85133-044-1
- [2] BGBl. 106/1993; Elektrotechnikgesetz 1992, in der Fassung BGBl. I/27/2017
- [3] Henschl, T., Mörx, A.; Elektroinstallation in Gebäuden, Neuauflage; Österreichischer Wirtschaftsverlag; 2012; ISBN 3-85212-116-5
- [4] Hosemann, Gerhard; Aufgaben und Ziele der Schutztechnik; in: Forst, Hans-Josef (Hrsg.); Moderne Schutztechnik, vde-verlag GmbH, 1998; ISBN 3-8007-1604-6
- [5] ISO/IEC Guide:51:2014; Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards
- [6] Mörx, A.; Schutzkonzepte in Niederspannungsanlagen; Überarbeitete Kurzfassung eines Vortrages, gehalten anlässlich von Veranstaltungen der Eaton Industries (Austria) GmbH im Jänner, Februar und März 2018.
- [7] BGBl. II/33/2012; Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor Gefahren durch den elektrischen Strom sowie Änderung der Bauarbeiterschutzverordnung und der Verordnung explosionsfähige Atmosphären
- [8] ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010, Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutzmaßnahmen); OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik; Wien 2010
- [9] OVE E 8101:2019-01-01; Elektrische Niederspannungsanlagen; OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik; Wien 2019
- [10] ÖVE/ÖNORM EN 62606: 2014-09-01; Allgemeine Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen; OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik; Wien 2014
- [11] Schmucki, Josef; Schutz vor elektrisch gezündeten Bränden; Elektrotechnik 4/2015, elektrosuisse, SEV Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik; CH-8320 Fehraltorf
- [12] Mörx, A.; E 8101 Errichtung von Niederspannungsanlagen – Teile I bis VI; Elektrojournal 1-2/2019 bis Elektrojournal 7-8/2019; Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien
- [13] Energy Access Outlook 2017 World Energy Outlook Special Report; International Energy Agency, www.iea.org; abgerufen am 17.12.2019
- [14] Mörx, A., Sicherheit und Gefahr in elektrischen Niederspannungsanlagen; Video; <https://www.youtube.com/watch?v=mGJyVAAUV7A&feature=youtu.be>
- [15] OVE EN 61140:2016-12-01; Schutzgegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel; OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik; Wien 2016