

D-A-CH - Sitzung, Krems, AT
25.-26. August 2011

*Die schutztechnische Funktion von Fehlerstrom-
Schutzeinrichtungen in genullten
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



Inhalt

1	EINLEITUNG.....	3
2	FEHLERSTROM-SCHUTZEINRICHTUNGEN FÜR DEN FEHLERSCHUTZ.....	3
3	FEHLERSTROM-SCHUTZEINRICHTUNGEN FÜR DEN ERDSCHLUSS-BRANDSCHUTZ..	7
3.1	Brandschutz in Verbraucheranlagen.....	7
3.2	Brandschutz und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	7
3.3	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs M	9
3.4	Ausführungsbeispiel	11
4	FEHLERSTROM-SCHUTZEINRICHTUNGEN ALS HAUPTSCHALTER.....	12
5	FEHLERSTROM-SCHUTZEINRICHTUNGEN FÜR DEN ZUSATZSCHUTZ.....	12
6	ZUSAMMENFASSUNG / SCHLUSSFOLGERUNGEN / AUSBLICK.....	13
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	15

Zum Autor:

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



1 Einleitung

In den letzten beiden Jahrzehnten wurde in der Fachwelt erkannt, dass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für die Erfüllung einer Vielzahl von schutztechnischen Aufgaben eingesetzt werden können. Dies hat dazu geführt, dass der Anwendung des Differenzstromprinzips auch in den anerkannten Regeln der Technik – national und international - zunehmend breiterer Raum gegeben wurde; Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen haben heute für die Reduzierung des Restrisikos gegen schädlichen elektrischen Schlag¹ ihren festen Platz in der Praxis des Elektroschutzes gefunden.

Im gleichen Zeitraum wurde die tatsächliche Wirksamkeit dieser Schutzeinrichtungen in praktisch ausgeführten Niederspannungsanlagen in verschiedenen Regionen der Welt untersucht [1], [2], [3], [4], [5]. Einerseits, um herauszufinden, wo die technischen Grenzen dieser Schutzgeräte im Feldeinsatz liegen.

Andererseits auch um Vorgangsweisen festzulegen, die es ermöglichen, allenfalls erkannte Grenzen durch zusätzliche (technische) Maßnahmen zu überwinden.

Dieser Diskussionsbeitrag ergänzt und erweitert die Beiträge des Verfassers aus den Jahren 2008 [6] und 2009 [7], [8] um spezielle Betrachtungen des Einsatzes von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen *in Anlagen mit Schutzmaßnahme Nullung*². Die Verweise auf anerkannte Regeln der Technik sind – wo nicht explizit darauf hingewiesen wird – auf das in Österreich geltende technische Regelwerk bezogen.

2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Fehlerschutz

In elektrischen Anlagen, die die anerkannten Regeln der Technik zur Bemessung der Mindest-Leiterquerschnitte zur Einhaltung des maximal zulässigen Wertes des Spannungsabfalls einhalten, ergeben sich in der Praxis keine Probleme mit der Einhaltung der für die

¹ Unter einem schädlichen elektrischen Schlag gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01 versteht man elektropathologische Wirkungen, die vorübergehend oder dauernd die Gesundheit eines Menschen oder Nutztieres beeinträchtigen können. Sekundärwirkungen, wie Schreckreaktionen, z. B. Sturz von einer Leiter sind ausgenommen.

² Unter Nullung gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01 versteht man eine Maßnahme des Fehlerschutzes durch Ausschaltung im TN-System, bei der es durch eine gut leitfähige Verbindung des PE-Leiters der Anlage mit dem geerdeten Sternpunkt der Stromquelle zu einem kurzschlussartigen Fehlerstrom kommt, wodurch der betroffene Stromkreis üblicherweise durch Überstrom-Schutzeinrichtungen, unter bestimmten Bedingungen auch durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, innerhalb festgelegter Zeit ausgeschaltet wird.



Wirksamkeit der *Schutzmaßnahme Nullung* geforderten Ausschaltbedingung in der Verbraucheranlage.

In diesen Fällen bewirkt die im jeweiligen Stromkreis installierte Überstrom-Schutzeinrichtung³ die Ausschaltung der Energieversorgung innerhalb der vereinbarten (in den anerkannten Regeln der Technik festgelegten) Ausschaltzeit.

Nur im Falle großer Leitungslängen, deren Querschnitte – aus welchen Gründen auch immer – nicht ausreichend bemessen wurden, kann es dazu kommen, dass die vereinbarten Mindest-Ausschaltstromstärken (wegen zu großen Werten der Fehlerschleifenimpedanz) für das Ansprechen der Überstrom-Schutzeinrichtung unterschritten werden. In diesen Fällen ist zur Erfüllung der Ausschaltbedingung der Einbau einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (zusätzlich zu den Überstrom-Schutzeinrichtungen) gemäß Bild 2-1 zulässig.

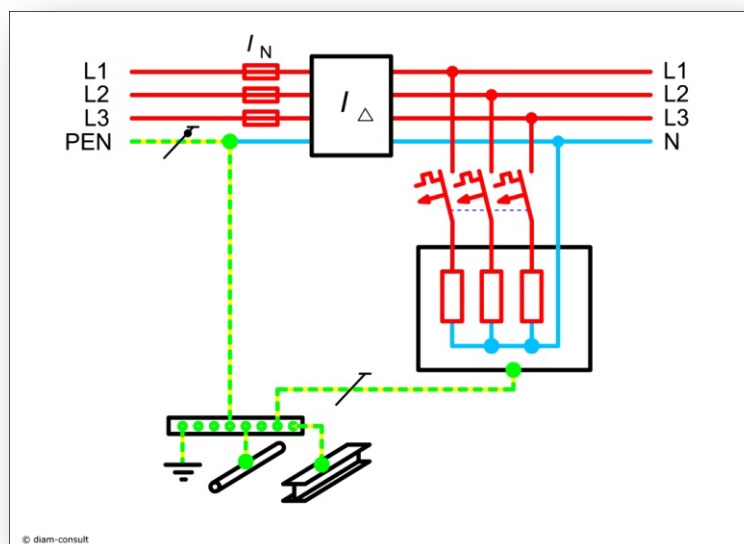


Bild 2-1 Erfüllung der Ausschaltbedingung mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung zusätzlich zu den Überstrom-Schutzeinrichtungen

Dabei ist die Bedingung einzuhalten, dass *an den Enden* der so geschützten Stromkreise der Mindestkurzschlussstrom der nächsten, der FI-Schutzeinrichtung vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung, *jedoch mindestens das 2,5-fache ihres Nennstromes I_N* betragen muss⁴.

³ z. B. Schmelzsicherung, Leitungsschutzschalter

⁴ Es gibt – auch in jenen Fällen in denen die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung die Ausschaltung im Falle eines Fehlers „gegen Erde“ übernimmt – konkrete, unverzichtbare Anforderungen an die Mindestdimensionierung



In diesen Fällen übernehmen die Überstrom-Schutzeinrichtungen und die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung die Ausschaltung im Fehlerfall⁵. Beide Schutzgeräte sind daher eindeutig der Schutzmaßnahme Fehlerschutz (hier der Nullung) zuzuordnen.

Dieser Sachverhalt wird deutlich, wenn man den Fall eines Kurzschlusses zwischen einem Außenleiter und dem Neutraleiter und das dadurch *in der (gesamten) Anlage* entstehende Risiko betrachtet.

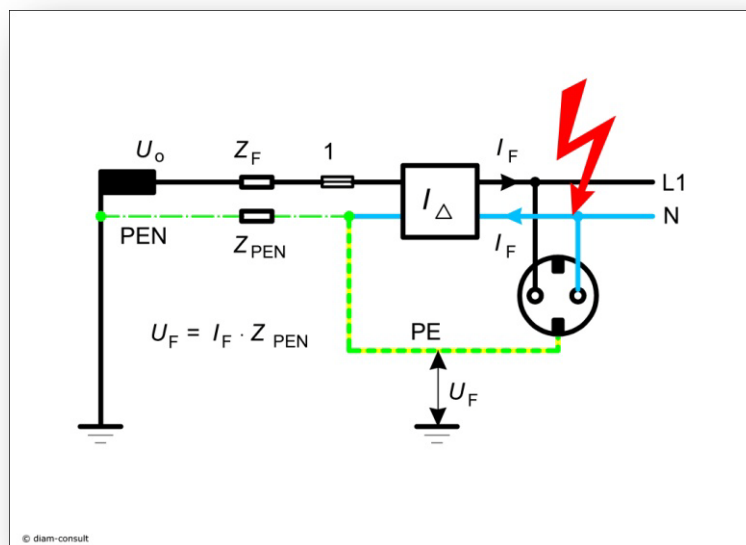


Bild 2-2 FI-Schutzschalter in einer genullten Verbraucheranlage; der Schutzschalter löst nicht aus, wenn ein Kurzschluss zwischen Außenleiter und Neutraleiter auftritt.

Z_L	Leitungsimpedanz des Außenleiters vom Transformator bis zur Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
Z_{PEN}	Leitungsimpedanz des PEN-Leiters vom Transformator bis zur Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
1	Überstrom-Schutzeinrichtung
U_F	Fehlerspannung
I_F	Fehlerstrom

Die Ausschaltforderung an die Überstrom-Schutzeinrichtung (auch in diesem Spezialfall, dass eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung zusätzlich eingebaut ist) ergibt sich unmittelbar aus der Tatsache, dass – außer bei Schlüssen „gegen Erde“⁶ – auch bei Kurzschlüssen zwischen L und

von Leiterquerschnitten und zugeordneten Überstrom-Schutzeinrichtungen aus der Sicht des Schutzes gegen schädlichen elektrischen Schlag. Der alleinige Verweis auf „ohnehin vorhandenen Maßnahmen des Leitungsschutzes“ ist schutztechnisch nicht ausreichend. Siehe dazu auch die folgenden Ausführungen in diesem Abschnitt.

⁵ Der „Fehlerfall“ bezeichnet hier nicht nur den „Schluss gegen Erde“ sondern auch den Kurzschluss gegen den N-Leiter insofern es zu einer „Spannungs-Verschleppung“ in der Anlage kommen kann. Siehe dazu auch die folgenden Ausführungen in diesem Abschnitt.

⁶ Im Falle eines Körperschlusses schaltet der FI-Schutzschalter den Fehler innerhalb der festgelegten Zeit aus.



N infolge des netzseitigen PEN-Leiter-Spannungsabfalls durch den Schutzleiter Fehler-
spannungen in die Verbraucheranlage verschleppt werden und dadurch ein Risiko eines
schädlichen elektrischen Schlages entstehen kann (Bild 2-2).

Bei einem Kurzschluss zwischen Außenleiter und Neutralleiter spricht der Fehlerstromschutz-
schalter nicht an, da in diesem Fall der Kurzschlussstrom auch in beiden Richtungen durch
den Summenstromwandler des FI-Schutzschalters fließt und damit *kein Differenzstrom* ent-
steht.

Liegen die Widerstände der *Fehlerschleife des Kurzschlussstromes* überwiegend vor dem FI-
Schutzschalter (Kurzschluss in der Nähe des FI-Schalters) und erfolgt die Abzweigung des
Schutzleiters vom PEN-Leiter unmittelbar vor dem Schalter, verursacht der Kurzschlussstrom
im Widerstand des PEN-Leiters einen Spannungsabfall in der Größe des halben Wertes der
Netzspannung (ca.100 V).

Obwohl diese (im Kurzschlussfall mögliche) Fehlerspannung, durch die in der Praxis vor-
kommenden Erdungsverhältnisse in vielen Fällen stark abgesenkt wird, muss die
Ausschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises, wenn auch in verlängerter Zeit (Faktor: 2,5
anstelle von: 20, 10, 5 oder 3,5), verlangt werden⁷.

Aus Gründen der Vollständigkeit sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in der derzeit
geltenden Fassung des Harmonisierungsdokuments HD 60364-4-41⁸ der Einbau einer Über-
strom-Schutzeinrichtung nicht gefordert ist (!!), lediglich eine Anmerkung weist mit einem
(technisch völlig unzureichendem) „sollte“ darauf hin.

„411.4.5 In TN-Systemen dürfen die folgenden Schutzeinrichtungen für den Fehlerschutz (Schutz bei
indirektem Berühren) verwendet werden:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen;
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs).

ANMERKUNG 1 Wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) für den Fehlerschutz (Schutz bei
indirektem Berühren) verwendet wird, sollte der Stromkreis ebenfalls durch eine Überstrom-
Schutzeinrichtung nach IEC 60364-4-43 geschützt sein.“

⁷ In diesen (Sonder-)fällen bedeutet das, dass bei Kurzschlüssen zwischen Außen- und Neutralleiter längere
Ausschaltzeiten toleriert werden, als bei Körperschlüssen (Schluss „gegen Erde“). Wenn ich hier von
Sonderfällen spreche, geht dies darauf zurück, dass in der ursprünglichen Konzeption der Schutzmaßnahme
Nullung, die Verwendung von FI-Schutzeinrichtungen in der o. dargestellten Anwendung auf einzelne
Stromkreise (und dies nur in Ausnahmesituationen wie z. B. einer langen Zuleitung zu einer Wasserpumpe)
beschränkt war.

⁸ HD 60364-4-41, Ausgabe Januar 2007, Abschnitt 411.4.5



3 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Erdschluss-Brandschutz

3.1 Brandschutz in Verbraucheranlagen

Die physikalischen Grundlagen des Entstehens von elektrisch gezündeten Bränden durch *Ströme gegen Erde*⁹ wurden vom Autor¹⁰ schon ausführlich dargestellt.

Aus der langjährigen Praxis der Anwendung der elektrischen Energie in Verbraucheranlagen ist bekannt, dass Brände, vor allem infolge nachstehend angeführter Ursachen entstehen:

- mangelhafte oder nicht bestimmungsgemäß betriebene Elektrowärmegeräte und Leuchten (z. B. Heizlüfter mit blockierten Ventilatoren oder Geräte mit zu geringer Standfestigkeit, Leuchten in denen Glühlampen mit zu großer Leistung verwendet werden, Abdecken von Heizkörpern mit Kleidungsstücken)
- andere elektrische Geräte, die mangelhaft sind oder bei denen Mängel während des Betriebes auftreten (z. B. Fernsehgeräte)
- zu hohe Erwärmung von Leitungen infolge unzureichendem Überstromschutz oder Kontaktfehlern (z. B. lose Klemmstellen)
- Lichtbögen¹¹ infolge von Kurzschlüssen mit oder ohne Fehlerstrom¹² zur Erde (z. B. infolge von Kriechwegbildung).

3.2 Brandschutz und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen können gegen elektrisch gezündete Brände schützen, die infolge von *Strömen gegen Erde* entstehen.

Fehlerströme gegen Erde entstehen, wenn

⁹ Die Bezeichnung „Brandschutz“ meint im Zusammenhang mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen immer Schutz vor elektrisch gezündeten Bränden, die durch Ströme gegen Erde, bzw. durch die durch den elektrischen Stromfluss an der Fehlerstelle eingebrachte Energie gezündet werden. Kurz auch „Erdschluss-Brandschutz“ genannt.

¹⁰ Mörx, Alfred; Brandschutz in Niederspannungsanlagen; elektrojournal 9a/2006; Österreichischer Wirtschaftsverlag, Wien 2006.

¹¹ Lichtbögen entstehen nur zwischen Außenleitern untereinander oder gegen den Neutralleiter, oder von den Außenleitern gegen geerdete Teile, nicht aber vom Neutralleiter gegen Erde. Dafür ist der Wert der Spannung des Neutralleiters gegen Erde zu klein.

¹² Gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000-03-01 versteht man unter einem Fehlerstrom einen Strom, der infolge eines Isolationsfehlers über eine Fehlerstelle fließt. Im Besonderen wird aber damit in Niederspannungsanlagen jener Strom bezeichnet, der infolge eines Isolationsfehlers zur Erde abfließt und gegebenenfalls die Auslösung der Schutzeinrichtung für den Fehlerschutz bewirkt.



- zwischen Außenleitern ein Isolationsfehler auftritt und z. B. über einen Lichtbogen oder einen Kriechweg ein Teil des (Kurzschluss-) Stromes als Fehlerstrom zu einem in der Nähe befindlichen geerdeten Teil fließt, oder wenn
- der Isolationsfehler direkt zwischen einem aktiven Leiter (z. B. Außenleiter) und geerdeten Teilen

entsteht.

Praktisch durchgeführte Versuche und Simulationen zeigen, dass die Fehlerleistung - wenn sie unzulässig lange an eine Fehlerstelle eingebracht wird - schon aus Strömen von ca. 300 mA ausreicht, um einen Brand zu verursachen.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen der derzeit gebräuchlichen Auslösestrom-/Ausschaltzeit-Charakteristik (das sind: S-Schalter, G-Schalter, kurzzeitverzögerte Schalter und sogenannte „unverzögerte“ FI-Schalter, früher auch „bedingt-stoßstromfeste“ FI-Schalter genannt) mit einem Nennfehlerstrom von $I_{\Delta N} \leq 300$ mA können prinzipiell gegen derartige Gefahren schützen.

Dies jedoch mit dem wesentlichen Nachteil, dass sie die Verfügbarkeit der elektrischen Energie in der (genullten) Anlage, und damit die Betriebssicherheit, reduzieren¹³.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen dieser genannten Charakteristiken sind in erster Linie für den Schutz gegen schädlichen elektrischen Schlag¹⁴ in Endstromkreisen von Verbraucheranlagen konzipiert und müssen aus elektrophysiologischen Gründen genau definierte Grenzen hinsichtlich der maximal zulässigen (Gesamt-) Ausschaltzeit einhalten.

Sie schalten demnach „schnell“ aus. Je nach dem Wert des auftretenden Fehlerstromes liegen damit die Ausschaltzeiten bei einigen zehn Millisekunden bis zu z. B. 0,15 s (bei FI-Schutzeinrichtungen der Charakteristik S).

¹³ Als eine der wesentlichen Vorteile der Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz wird heute das Argument einer „höchstmöglichen Verfügbarkeit der elektrischen Energie“ bei der Verwendung von geerdeten Netzsystemen genannt. Bei diesen Überlegungen spielt manchmal gerade die Tatsache, dass zur Erfüllung der Ausschaltbedingung in der Verbraucheranlage keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung zum Einsatz kommen muss, eine wichtige Rolle.

¹⁴ Unter einem schädlichen elektrischen Schlag gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2010-03-01 versteht man elektropathologische Wirkungen, die vorübergehend oder dauernd die Gesundheit eines Menschen oder Nutztieres beeinträchtigen können. Sekundärwirkungen, wie Schreckreaktionen, z. B. Sturz von einer Leiter sind ausgenommen.



Das bedeutet, dass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in genullten Anlagen in vielen Fällen gleichzeitig mit Überstrom-Schutzeinrichtungen (z. B. Leitungsschutzschalter) ausschalten (was für den Fehlerschutz gegen schädlichen elektrischen Schlag in genullten Anlagen keine unmittelbare zusätzliche Risikominderung bringt!).

Jedoch beeinträchtigt dieses Ausschalten der FI-Schutzeinrichtung die Verfügbarkeit der elektrischen Energie und führt zu (nicht notwendigen) Stillstandzeiten elektrischer Betriebsmittel (Datenverlust, ...).

3.3 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs M

Das Schutzziel Erdschluss-Brandschutz in genullten Anlagen zu erreichen, jedoch unter Vermeidung der oben schon angesprochenen Nachteile, aber mit dem Vorteil, dass in jenen Fällen, in denen Leitungsschutzschalter elektrische gezündete Brände nicht erkennen und rechtzeitig ausschalten können, trotzdem ausgeschaltet, und der elektrisch gezündete Brand verhindert wird, gelingt mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs M¹⁵.

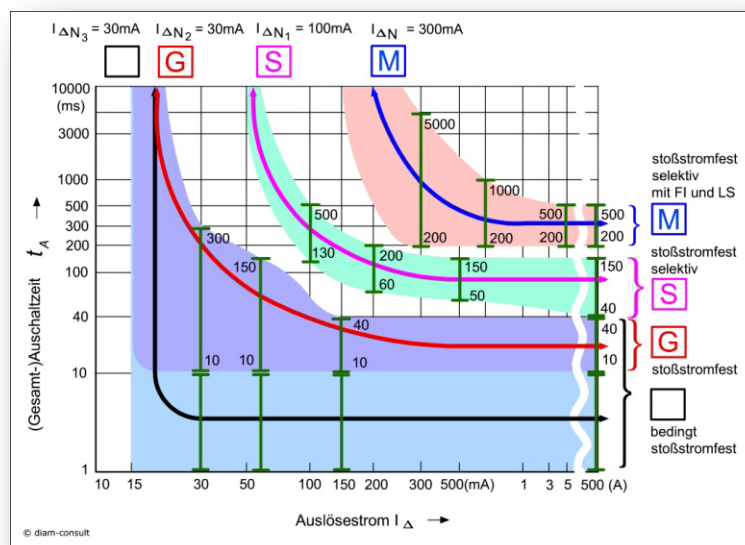


Bild 3-1 Auslösestrom-/Ausschaltzeit-Charakteristiken und minimale Auslösezeiten von bedingt-stoßstromfesten FI-Schaltern, S-Schaltern, G-Schaltern und M-Schaltern; Staffelung der Nennfehlerströme $I_{\Delta N}$ gemäß Selektivitätsbedingung für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, schematische Darstellung

Eine zuverlässig wirksame Selektivität zwischen S-FI-Schaltern, G-FI-Schaltern oder unverzögerten FI-Schaltern mit Überstrom-Schutzeinrichtungen lässt sich in genullten Anlagen

¹⁵ Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen gemäß VORNORM ÖVE/ÖNORM E 8603:2008-06-01, zeitverzögerte Fehlerstrom-Schutzschalter des Typs M ohne eingebauten Überstromschutz zur Anwendung in Stromkreisen mit Nennströmen über 32 A Ergänzung zu ÖVE/ÖNORM EN 61008-1



nicht herstellen. Dies deswegen, weil z. B. Leitungsschutzschalter erst innerhalb von ca. 0,1 s ausschalten, falls die Kurzschlussströme nur geringfügig über ihrer unteren Auslösegrenze liegen. [Bei hohen Kurzschlussströmen (einige Hundert Ampere und darüber) schalten sie natürlich in wenigen Millisekunden aus].

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs M vermeiden diesen Nachteil mit einer kleinsten zulässigen Auslösezeit von 0,2 s. Hinsichtlich der Gesamtausschaltzeit ist, aus der Sicht des Brandschutzes, zu beachten, dass diese wegen der Fehlerleistung, die in die Fehlerstelle eingebracht wird und einen Brand zünden kann, in der Größenordnung der geforderten Ausschaltzeiten der Überstrom-Schutzeinrichtungen bei Schutzmaßnahme Nullung liegen müssen.

Wenn ein Leitungsschutzschalter elektromagnetisch innerhalb von maximal 0,2 s ausschaltet und ein dazu in Serie geschaltetes Schaltgerät dabei nicht ausschalten soll, muss dessen Auslösezeit länger sein als 0,2 s.

Diese Zeitgrenze genügt auch für anlagenseitig nachgeschaltete Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, z. B. jene Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (bzw. FI/LS-Schalter), die in der Verbraucheranlage für den Zusatzschutz eingebaut sind, um zeitlich vor dem Typ-M-Schalter auszuschalten.

Der Wert der Auslösezeit (auch oft umgangssprachlich als „Verzögerungszeit“ bezeichnet¹⁶) des Typ-M-Schalters liegt daher immer über 0,2 s.

Liegt der Wert des Fehlerstroms so niedrig, z. B. infolge von widerstandsbehafteten Körperschlüssen, dass die Schnellauslöser der Leitungsschutzschalter nicht mehr ansprechen, dann schaltet der FI-Schalter des Typs M viel schneller aus als die thermischen Auslöser der Leitungsschutzschalter.

Dadurch wird die an der Fehlerstelle eingebrachte Fehlerleistung, die maßgebend für die Zündung eines Brandes ist, stark herabgesetzt.

¹⁶ Diese Bezeichnung ist, genau betrachtet, nicht korrekt. Die (Gesamt-)Ausschaltzeit setzt sich zusammen aus der Auslösezeit, das ist jene längste Zeit, in der ein Fehlerstrom, dessen Wert größer ist als der Nichtauslösestrom, fließen kann, ohne Ausschaltung zu bewirken, der Eigenzeit und der Lichtbogendauer. Die (Gesamt-)Ausschaltzeit ist jene Zeitdauer, die zwischen dem Augenblick verstreicht, in dem der Auslösefehlerstrom erreicht wird und dem Augenblick der Lichtbogenlöschung in allen Polen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung.



Die Hauptaufgabe der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Typs M liegt also in der Verhinderung von Bränden, wie sie bei kleinen Werten von Fehlerströmen und widerstandsbehafteten Körperschlüssen auftreten können. Dies bei Sicherstellung von (umfassender) Selektivität mit anderen Fehlerstrom- und Überstrom-Schutzeinrichtungen und Vermeidung von ungewollten Auslösungen.

3.4 Ausführungsbeispiel

In Bild 3-2 ist ein mögliches Ausführungsbeispiel einer genullten Anlage, die unter den Gesichtspunkten einer möglichst großen Verfügbarkeit der elektrischen Energie, auch im Falle von Fehlern in einzelnen Anlagenteilen, des Zusatzschutzes und des Brandschutzes konzipiert ist, schematisch dargestellt.

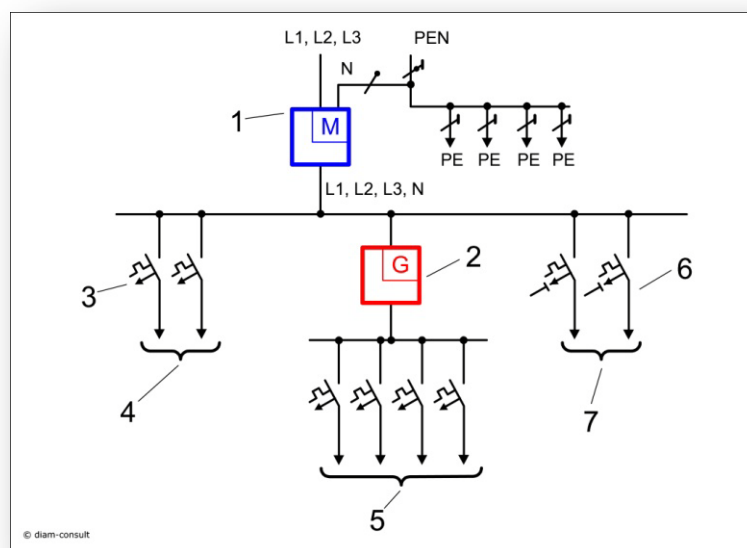


Bild 3-2 FI-Schutzeinrichtung des Typs M in einer genullten Installation, Ausführungsbeispiel

- 1 FI-Schutzeinrichtung, Typ M, z. B. Nennstrom 63 A, vierpolig
- 2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, Charakteristik G, z. B. Nennstrom 40 A, $I_{\Delta N} = 30$ mA vierpolig
- 3 Leitungsschutzschalter für Endstromkreise für fest angeschlossene Betriebsmittel, z. B. Nennstrom 25 A, Charakteristik C
- 4 Endstromkreise für fest angeschlossene Betriebsmittel
- 5, 7 Endstromkreise für Steckdosen
- 6 FI/LS-Schalter, z. B. Nennstrom 13 A, Charakteristik B, $I_{\Delta N} = 30$ mA, für Endstromkreise mit Steckdosen

Das Schaltgerät 1 übernimmt dabei den Brandschutz bei kleinen Werten von Fehlerströmen und widerstandsbehafteten Körperschlüssen für die gesamte Anlage und schaltet selektiv mit allen übrigen Schaltgeräten. Dies auch mit den Leitungsschutzschaltern (3) im Falle eines Körperschlusses. Durch die Selektivität der FI-Schutzeinrichtung des Typs M ist sichergestellt,



dass sowohl die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (2) wie auch die kombinierten Fehlerstrom/Leitungsschutzschalter (6) beim Auftreten von Fehlerströmen in den Stromkreisgruppen 5 und 7 ausschalten und der Typ-M-Schalter (1) eingeschaltet bleibt.

Der Typ-M-Schalter (1) schützt jedoch auch die Stromkreisgruppe 4 im Fall von auftretenden Strömen gegen Erde, die in genullten Anlagen sonst völlig ungeschützt gegen das Auftreten von Fehlerströmen, die unter den Ansprechströmen der Leitungsschutzschalter liegen, ist.

Dieser Schutz erstreckt sich auch auf Fehlerströme gegen Erde sämtlicher Teile jener Stromkreise, die anlagenseitig nach der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Typs M liegen und die von den Leitungsschutzschaltern (3) bzw. der netzseitig vor dem Typ-M-Schalter liegenden Überstrom-Schutzeinrichtung (z. B. Hausanschlusssicherung, Vorzählersicherung, ...) nicht rechtzeitig ausgeschaltet werden können.

In diesem (seltenen) Fall schaltet der FI-Schalter des Typs M die gesamte Anlage ab, was bei Abwägung der Risiken (Brandrisiko und Folgeschäden) durchaus vertretbar erscheint¹⁷.

4 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als Hauptschalter

In einigen anerkannten Regeln der Technik wie z. B. den Installationsregeln für landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten¹⁸ und für Baustellen und Provisorien¹⁹ sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen auch als Hauptschaltgeräte (nicht jedoch als NOT-AUS-Schaltgeräte) zugelassen.

Folgt man den Entwicklungen der letzten Jahre so findet man Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen auch – ganz generell – als zugelassene, wirkungsvolle Geräte zum Trennen²⁰.

5 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Zusatzschutz

Über die Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Zusatzschutz von Stromkreisen mit Steckdosen und deren schutztechnische Wirkung wurde im Rahmen der D-A-CH-Sitzungen der letzten Jahre schon ausführlich berichtet [6], [7], [8].

Im Bild 5-1 ist eine mögliche Anordnung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung für den Zusatzschutz dargestellt.

¹⁷ In diesen (seltenen) Fällen wird der Schutz gegen elektrisch gezündete Brände als vorrangig vor der Verfügbarkeit der elektrischen Energie bewertet.

¹⁸ ÖVE/ÖNORM E 8001-4-56:2003-05-01, Abschnitt 56.8.3

¹⁹ ÖVE EN 1, Teil 4, § 55.4.1

²⁰ ÖVE/ÖNORM E 8001-2-31:2003-01-01, Abschnitt 31.6.1

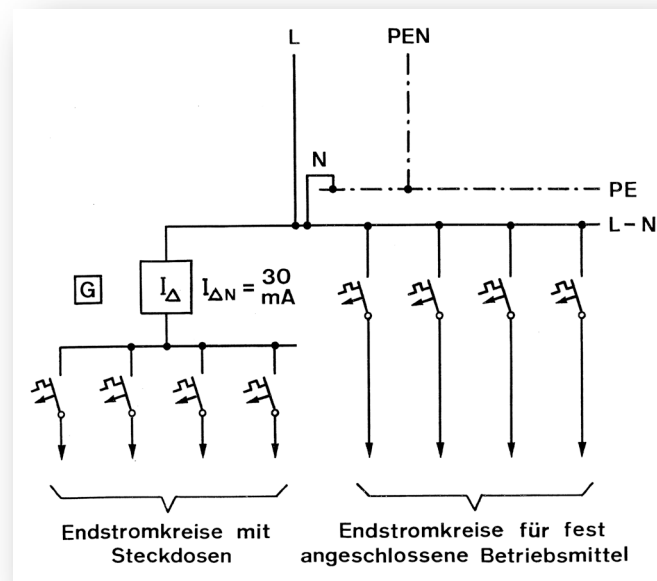


Bild 5-1 Prinzipielle Darstellung einer Anlage mit Schutzmaßnahme Nullung als Fehlerschutz, Zusatzschutz für Stromkreise mit Steckdosen mittels Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs G, Nennfehlerstrom $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$

6 Zusammenfassung / Schlussfolgerungen / Ausblick

Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, wurden in diesem Diskussionsbeitrag wesentliche Einsatzgebiete von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Niederspannungsanlagen mit Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz zusammengestellt.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, basierend auf dem Prinzip der Differenzstromerfassung, liefern heute einen unverzichtbaren, sehr bedeutenden Beitrag zur sicheren Anwendung der elektrischen Energie.

Bei detaillierter Betrachtung fällt auf, dass auch in genullten Anlagen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung in einigen Anwendungen eine zentrale schutztechnische Funktion zukommt, d. h. dass ein eventuelles Versagen des Schaltgerätes (nach langer Einbaudauer oder unzulässigen Betriebsbedingungen) zu erheblichen negativen Konsequenzen für die Sicherheit in der Verbrauchieranlage führt.

Andererseits existiert bei technischen Geräten jeglicher Art, so auch bei Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, das Risiko des Versagens, das Ausfallrisiko. Das Vorhandensein eines solchen Risikos, auch bei normkonform hergestellten Schaltgeräten, aber abseits jeder theoretischen



Berechnung, wurde in der Vergangenheit und wird in der Gegenwart, durch Felduntersuchungen bestätigt (siehe dazu auch [1], [9], [2], [4], [5]).

Aus diesen Untersuchungen folgen aus meiner Sicht mehrere Verpflichtungen und konkrete Aufgabenstellungen für alle mit schutztechnischen Fragen beschäftigten Fachkreise. Neben den Aufgaben der Hersteller dieser Geräte, nämlich die laufende Weiterentwicklung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Richtung größerer Zuverlässigkeit, ist auch der Planer und Errichter elektrischer Anlagen gefordert, die für den jeweiligen Anwendungsbereich wirksamste Auswahl der Schutzmaßnahme, der Schutzgeräte (auch über die Minimalanforderungen der Errichtungsbestimmungen hinaus; z. B. redundante Anordnung von Schutzgeräten) zu treffen. Grundlagenarbeiten zu Schutzkonzepten und deren Zuverlässigkeit zur Erfüllung der Schutzziele existieren bereits (siehe dazu auch [6], [7], [8]), Anregungen für die Installation in genullten Anlagen wurden in diesem Diskussionsbeitrag gegeben.

Das Studium der, für die korrekte Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen unbedingt notwendigen, herstellereigenen Umgebungsbedingungen (Temperatur, maximale Werte der relativen Feuchte, EMV-Beeinflussungen durch leitungsgebundene Störungen, ...) und die konforme Ausführung der Anlage sind Voraussetzungen für den wirksamen Einsatz dieser Schutzgeräte [10]. Die Überprüfung der Einhaltung dieser notwendigen Betriebsbedingungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen im Rahmen von Anlagenprüfungen²¹ ist unerlässlich und muss fester Bestandteil jeder sicherheitstechnischen Prüfung von Niederspannungsanlagen sein.

Ebenso sind die Mitarbeiter in den nationalen, europäischen und internationalen technischen Komitees verpflichtet, Erfahrungen von praktischen Untersuchungen aus dem „Feld“ - stärker und rascher als bisher - in die *inhaltliche Gestaltung von Installationsnormen* einfließen zu lassen.

²¹ Erstprüfung und wiederkehrende Prüfung



7 Literaturverzeichnis

- [1] G. Cantarella, R. Carrescia, and R. Tommasini, "Quality of Residual Current-Operated Circuit Breakers," *ETEP Vol. 6 No.3*, May/June 1996.
- [2] National Electrical Manufacturers Association, "GFCI Field Test Survey Report," NEMA Ground Fault Personnel Protection Section, USA, 2001.
- [3] Erich Steinbauer, "Praktische Erfahrungen bezüglich der Funktionstüchtigkeit eingebauter Fehlerstromschutzschalter," *ÖZE*, September 1991.
- [4] Flemming Malskaer and Torben Rahbek, "Field Test of installed residual current devices in Denmark," The Danish Safety Technology Authority, Felduntersuchung 2009.
- [5] TC 23E/Sec0191/INF, "Danish field test on 30 mA RCDs," Danish Safety Technology Authority, Felduntersuchung 2011.
- [6] Alfred Mörx, *Zusatzschutz - die dritte Schutzebene gegen gefährliche Körperströme - Ein Diskussionsbeitrag*. Wien, 2008, <http://www.diamcons.com/diam-publish-bestellungen>.
- [7] Alfred Mörx, *Der Zusatzschutz - Die dritte Schutzebene gegen gefährliche Körperströme als notwendige Maßnahme zur Einhaltung des höchsten vertretbaren Risikos in Niederspannungsanlagen*. Wien, 2009, <http://www.diamcons.com/diam-publish-bestellungen>.
- [8] Alfred Mörx, *Der Zusatzschutz, ein Plädoyer für die unbedingte Notwendigkeit einer dritten Schutzebenen bei Nullung und FI-Schutzschaltung*. Wien, 2009, <http://www.diamcons.com/diam-publish-bestellungen>.
- [9] D. Kieback and U. Lappe, "Zuverlässigkeit von FI-Schutzschaltern (RCCB)," *Elektropraktiker*, June 1996.
- [10] IEC, TR 62350, Guidance for the correct use of residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use, 2006-12.
- [11] "Requirements for the Operation of RCDs," in *Protokoll der Sitzung des IEC TC 64; 64/1100/RM*, Dublin, 1999, pp. 9-10.