

Elektrotechniktagung, Loipersdorf 2012

Neuheiten - Veränderungen - Schaltgeräte

Zusammenfassung eines Vortrags

Alfred Mörx

Wien, im September 2012



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: am@diamcons.com
www.diamcons.com



Inhaltsübersicht

1	Das österreichische Elektrotechnikgesetz	3
2	Dreistufiges Schutzkonzept in der Praxis.....	4
3	Nullung gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001/A4 :2009.....	7
4	Schaltanlagen und Verteiler	15
5	Schutzleiterströme	19
6	Brandschutz in Verbraucheranlagen	21
7	Literaturhinweise.....	25



Eur.-Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx

(*1958 in Wien) ist seit 2001 Inhaber und Leiter von diam-consult, eines Ingenieurbüros für Physik mit dem Arbeitsschwerpunkt Risikoanalyse und Schutztechnik in komplexen technischen Systemen. Er studierte technische Physik an der TU-Wien. Als Experte für grundlegende Fragen der elektrotechnischen Sicherheit arbeitet er seit mehr als 25 Jahren in nationalen, europäischen und internationalen Arbeitsgruppen im Bereich sichere Elektrizitätsanwendung.

Internet: www.diamcons.com, E-Mail: am@diamcons.com



1 Das österreichische Elektrotechnikgesetz

1.1 Schutzziele aus dem Elektrotechnikgesetz

Die Bestimmungen für das Errichten elektrischer Anlagen fällt derzeit nicht unter eine EU-Richtlinie, sie werden in den einzelnen Mitgliedsstaaten durch einzelstaatliches Recht geregelt; in Österreich durch das Elektrotechnikgesetz [1], und die jeweils gültige „Elektrotechnikverordnung“ [2].

Der § 3 des österreichischen Elektrotechnikgesetzes enthält eine entsprechende Formulierung hinsichtlich der notwendigen Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiete der Elektrotechnik.

Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiete der Elektrotechnik

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

§ 3. (2) Im Gefährdungs- und Störungsbereich elektrischer Anlagen und elektrischer Betriebsmittel sind jene Maßnahmen zu treffen, welche für alle aufeinander einwirkenden elektrischen und sonstigen Anlagen sowie Betriebsmittel zur Wahrung der elektrotechnischen Sicherheit und des störungsfreien Betriebes erforderlich sind.

Die drei grundlegenden (gleichwertigen) Sicherheitsziele sind nochmals in Abbildung 1 zusammengestellt:

Sicherheitsziele gemäß ETG 1992	<ul style="list-style-type: none">• <i>Betriebssicherheit</i>• <i>Sicherheit von Personen und Sachen</i>• <i>Sicherer und ungestörter Betrieb anderer elektrischer Anlagen und Betriebsmittel so wie sonstiger Anlagen</i>
--	--

Abbildung 1 Sicherheitsziele gemäß § 3 (1) Elektrotechnikgesetz 1992



1.1 **Elektrotechnikverordnung und SNT-Vorschriften**

In der Elektrotechnikverordnung 2002¹ ist jedoch noch eine – im Zusammenhang mit dem § 3 ETG-1992 wesentliche - Frage, unter welchen Umständen eine elektrische Anlage oder ein elektrisches Betriebsmittel als sicher gilt, geklärt.

Sichere elektrische Anlagen und elektrische Betriebsmittel

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

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

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

(2) Elektrische Betriebsmittel entsprechen den Erfordernissen des § 2 und des § 3 Abs. 1 und 2 ETG 1992 auch dann, wenn sie, unter Beachtung der übrigen Bedingungen des Abs. 1, nach Normen eines anderen Mitgliedstaates der Europäischen Union oder einer Vertragspartei des Europäischen Wirtschaftsraumes hergestellt wurden, sofern diese Normen hinsichtlich der Sicherheit, Normalisierung und Typisierung den in Betracht kommenden SNT-Vorschriften gleichwertig sind.

2 **Dreistufiges Schutzkonzept in der Praxis**

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].

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

¹ BGBl. II Nr. 222/2002



Abdeckungen oder Umhüllungen bieten einen vollständigen Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile, wenn diese durch die jeweils vorgeschriebene Schutzart gegen Berühren geschützt sind.

Hindernisse stellen dagegen nur einen *teilweisen Schutz* gegen direktes Berühren dar. Sie schließen das Berühren durch bewusstes Umgehen des Hindernisses nicht aus. Konsequenterweise 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 sorgsamem 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 mit sicherer elektrischer Trennung, 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 oder in Duschtassen fallen.

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 Schutzsystem bestehend aus Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz wird auch als „Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme“ bezeichnet (Abbildung 2).

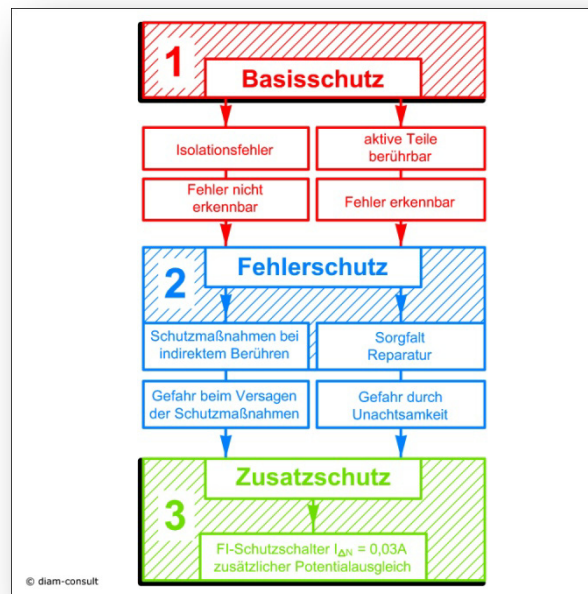


Abbildung 2 Prinzip der dreifachen Sicherheit gegen gefährliche Berührungsströme in Niederspannungsanlagen zur stufenweisen Minimierung des Restrisikos bei der Elektrizitätsanwendung

Für die drei Sicherheitsebenen, bei deren konsequenter installationstechnischer Umsetzung das höchste vertretbare Risiko des elektrischen Unfalls in Niederspannungsanlagen unterschritten wird, ergeben sich somit folgende Begriffsbestimmungen:

Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

sind alle Maßnahmen, die das Gefahr bringende 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.

Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

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

Zusatzschutz

ist eine 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 bedeutet, dass in Stromkreisen oder Teilen von Anlagen in denen Zusatzschutz angewendet wird, dieser auch wirksam sein (wirksam bleiben) muss, wenn Basisschutz und/oder Fehlerschutz nicht wirksam sind.



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

Welche Maßnahme des Zusatzschutzes (Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, zusätzlicher Potenzialausgleich) anzuwenden ist, wird in den Bestimmungen ÖVE/ÖNORM E 8001 festgelegt. Die Wahlmöglichkeit ist *nicht* dem Errichter überlassen, auch kann aus der Einordnung beider Maßnahmen unter den Begriff *Zusatzschutz* nicht auf ihre risikotechnische Gleichwertigkeit geschlossen werden.

3 Nullung gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001/A4 :2009

In der Ausgabe E 8001/A4 des Jahres 2009² wurden u. a. wichtige Bestimmungen für die Ausführung der Schutzmaßnahme Nullung für den Fehlerschutz formuliert. In diesem Zusammenhang war es auch sinnvoll einige Begriffe, insbesondere jene zur Abgrenzung von Verteilungsnetz und Verbraucheranlage neu zu definieren, bzw. einige Definitionen um Anmerkungen zu ergänzen.

In den folgenden Abschnitten werden jene Ergänzungen und Änderungen dargestellt, die für das Verständnis der neu formulierten Bestimmungen für die Schutzmaßnahme Nullung notwendig sind.

3.1 Verteilungsnetz

Unter einem Verteilungsnetz³ versteht man die Gesamtheit aller dem Fortleiten elektrischer Energie dienenden Anlagen (z. B. Freileitungen, isolierte Leitungen, Kabel, Verschiebungen) von der Stromquelle bis zum Beginn der Verbraucheranlagen.

Der öffentliche Bereich eines Verteilungsnetzes bis zur Eigentumsgrenze wird auch als Verteilernetz bezeichnet.

3.2 (elektrisch versorgtes) Objekt

Unter einem elektrisch versorgten Objekt⁴ versteht man ein Bauwerk einschließlich zugehöriger Außenanlagen mit gemeinsamer Versorgungseinrichtung für elektrische Energie (Hausanschluss, Transformator, Generator) und Hauptpotenzialausgleich.

Als Objekt gelten auch Gebäudekomplexe, bestehend aus mehreren Bauteilen, die sowohl gemeinsam mit elektrischer Energie versorgt werden als auch ein gemeinsames System für den

² Die Ausgabe 2009 berichtigt ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2008-12-01; die Berichtigung bezieht sich auf Bild 10-6 auf Seite 17 der im Jahre 2008 erschienenen anerkannten Regel der Technik. In Ausgabe 2008-12-01 ist im Bild bei Stromquelle 2 eine zweite Nullungsverbindung vorhanden. Diese wurde entfernt.

³ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.3

⁴ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.7



Hauptpotenzialausgleich aufweisen. Auch elektrische Verbraucheranlagen ohne Gebäude, jedoch mit einem gemeinsamen Anschluss gelten als ein elektrisch versorgtes Objekt.

3.3 Verteilungsleitungen

Verteilungsleitungen⁵ sind Leitungen innerhalb eines elektrisch versorgten Objektes einschließlich aller elektrischen Betriebsmittel im Zuge dieser Leitungen zwischen den Abgangsklemmen der Überstrom-Schutzeinrichtungen des Verteilers mit dem Anschlusspunkt der Nullungsverbindung und den Eingangsklemmen der Überstrom-Schutzeinrichtungen der Endstromkreise. Auch Hauptleitungen sind Verteilungsleitungen.

3.4 Nullungsverbindung

Die Nullungsverbindung⁶ ist eine möglichst kurze, elektrisch gut leitfähige Verbindung, mit welcher der PEN-Leiter des Verteilungsnetzes *im ersten dafür geeigneten Sicherungs- oder Verteilerkasten der Verbraucheranlage* direkt oder über den Hauptpotenzialausgleich mit dem Schutzerdungsleiter der Anlage verbunden wird. Die Nullungsverbindung kann auch in Form einer einzigen Mehrfachklemme ausgeführt sein.

3.5 Anschlusspunkt der Nullungsverbindung

Der Anschlusspunkt der Nullungsverbindung⁷ ist jene Stelle, an der die Nullungsverbindung an den aus dem Verteilungsnetz kommenden PEN-Leiter angeschlossen wird.

3.6 Hauptleitungen

Hauptleitungen⁸ sind Verteilungsleitungen einschließlich aller zugehörigen elektrischen Betriebsmittel ab dem Hausanschluss bis zu den Messeinrichtungen (Zähler).

3.7 Verbraucheranlage

Unter einer Verbraucheranlage⁹ versteht man die Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel innerhalb eines elektrisch versorgten Objekts ab der technischen Grenze des Verteilungsnetzes (gemäß Abbildung 3, Abbildung 4) ausgenommen die technisch dem Verteilungsnetz zuzurechnenden Teile des Hausanschlusses. Im Objekt allfällig vorhandene Stromquellen gehören nicht zur Verbraucheranlage in diesem Sinne.

⁵ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.9

⁶ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.3.3.3.

⁷ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.3.3.3.1

⁸ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.9.1

⁹ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.10



3.8 Endstromkreis

Unter einem Endstromkreis¹⁰ versteht man den Stromkreis zu den Verbrauchsmitteln ab der letzten Überstrom-Schutzeinrichtung. Spezielle Überstrom-Schutzeinrichtungen für den Schutz eines in diesem Stromkreis enthaltenen besonderen Betriebsmittels (z. B. Dimmer) gelten dabei als Bestandteil des Endstromkreises.

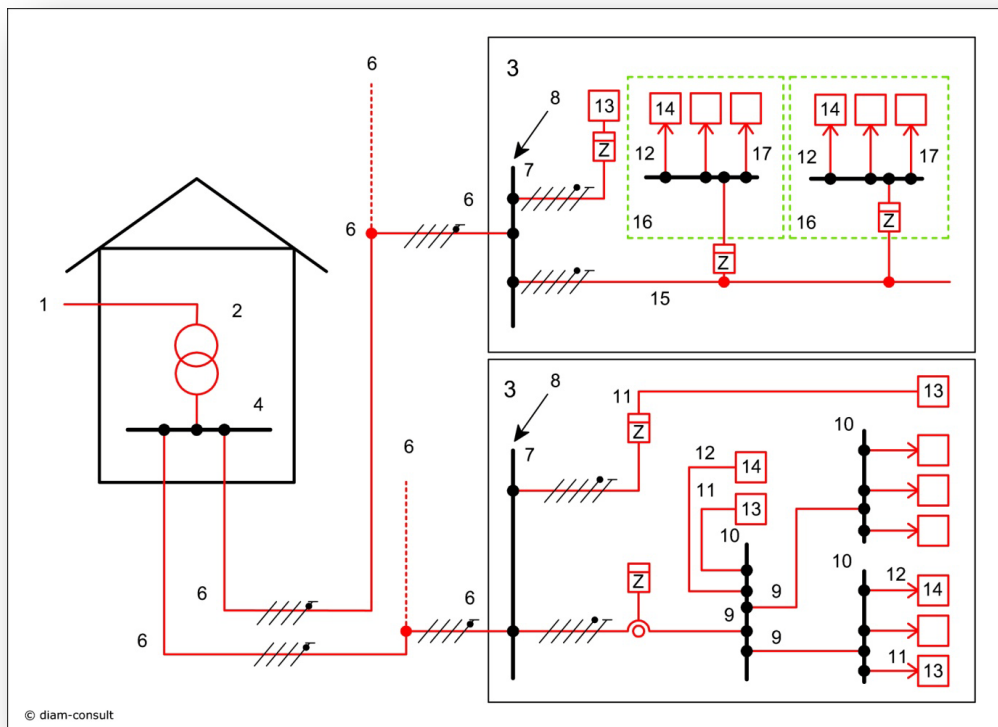


Abbildung 3 Abgrenzung zwischen Verteilungsnetz und elektrischen Anlagen in Objekten Beispiel mit öffentlichem Verteilernetz

- 1 ... Hochspannungsanschluss
- 2 ... Stromquelle (Transformator, Generator)
- 3 ... elektrisch versorgtes Objekt
- 4 ... Hauptverteilung des Verteilungsnetzes mit Betriebsberdung
- 5 ... betriebliche Hauptverteilung (mit Anlagenerder und Hauptpotenzialausgleich) in einem Objekt mit Hochspannungsanschluss
- 6 ... Niederspannungs-Verteilungsnetz, öffentlich oder betrieblich
- 7 ... Verteilung mit Anschlusspunkt der Nullungsverbindung, mit Anlagenerder und Hauptpotenzialausgleich
- 8 ... technische Grenze des Verteilungsnetzes zur Verbraucheranlage, unabhängig vom Eigentum an den Anlagen und unabhängig von der örtlichen Situierung
- 9 ... Verteilungsleitung
- 10 ... Unterverteilung der Verbraucheranlage
- 11 ... Endstromkreis mit Nennstromstärke > 32 A
- 12 ... Endstromkreis mit Nennstromstärke ≤ 32 A
- 13 ... elektrisches Verbrauchsmittel mit Überstromschutz mit Nennstromstärke > 32 A
- 14 ... elektrisches Verbrauchsmittel mit Überstromschutz mit Nennstromstärke ≤ 32 A
- 15 ... Hauptleitung
- 16 ... Einzelverbraucheranlage
- 17 ... z. B. Wohnungsverteiler

¹⁰ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.1.11.3

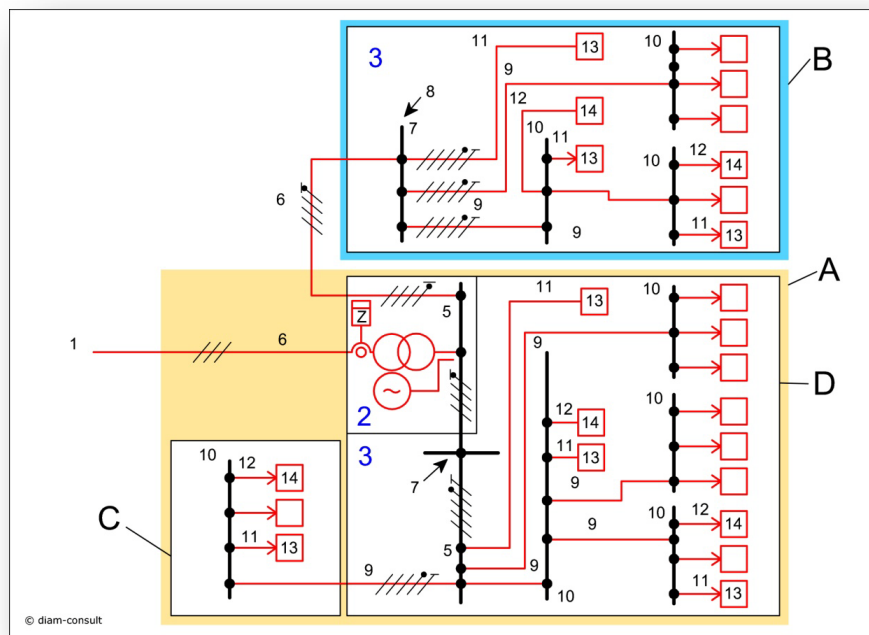


Abbildung 4 Abgrenzung zwischen Verteilungsnetz und elektrischen Anlagen in Objekten: Beispiel mit betrieblichem Verteilungsnetz

- 1 ... Hochspannungsanschluss
- 2 ... Stromquelle (Transformator, Generator)
- 3 ... elektrisch versorgtes Objekt
- 4 ... Hauptverteilung des Verteilungsnetzes mit Betriebsberdung
- 5 ... betriebliche Hauptverteilung (mit Anlagenerder und Hauptpotenzialausgleich) in einem Objekt mit Hochspannungsanschluss
- 6 ... Niederspannungs-Verteilungsnetz, öffentlich oder betrieblich
- 7 ... Verteilung mit Anschlusspunkt der Nullungsverbindung, mit Anlagenerder und Hauptpotenzialausgleich
- 8 ... technische Grenze des Verteilungsnetzes zur Verbraucheranlage, unabhängig vom Eigentum an den Anlagen und unabhängig von der örtlichen Situierung
- 9 ... Verteilungsleitung
- 10 ... Unterverteilung der Verbraucheranlage
- 11 ... Endstromkreis mit Nennstromstärke > 32 A
- 12 ... Endstromkreis mit Nennstromstärke ≤ 32 A
- 13 ... elektrisches Verbrauchsmittel mit Überstromschutz mit Nennstromstärke > 32 A
- 14 ... elektrisches Verbrauchsmittel mit Überstromschutz mit Nennstromstärke ≤ 32 A
- 15 ... Hauptleitung
- 16 ... Einzelverbraucheranlage
- 17 ... z. B. Wohnungsverteiler
- A ... Objekt (Gebäudekomplex) mit Speisung aus dem Hochspannungsnetz mit gemeinsamen Hauptpotenzialausgleich
- B ... Eigenes Objekt mit Speisung aus dem betrieblichen
- C ... Bauteil
- D ... Bauteil

3.9 Der Begriff Nullung

Die Nullung¹¹ (technisch besser auch Neutralleiter-Schutzerdung genannt) ist eine Maßnahme des Fehlerschutzes durch Ausschaltung im TN-System, bei der es durch eine gut leitfähige Verbindung

¹¹ ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4, Abschnitt 3.8.11; wichtiger Hinweis: Diese Definition ist in Anlehnung an die in der europäischen Normung gebräuchliche Vorstellung über die Wirkung der Nullung entstanden. Tatsächlich greift die Definition zu kurz, da die Nullung auch eine nicht



des PE-Leiters der Anlage mit dem geerdeten Punkt 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.

3.10 Hinweise zur praktischen Ausführung der Nullung

Soll Nullung als Maßnahme des Fehlerschutzes angewendet werden, ist zunächst die Herstellung (das Vorhandensein) eines TN-Systems erforderlich. Bei Anschluss eines Objektes an ein Verteilungsnetz muss dieses vom zuständigen Netzbetreiber für die Anwendung der Nullung als Maßnahme des Fehlerschutzes freigegeben sein.

In diesen Verteilungsnetzen muss – neben anderen Bedingungen (siehe z. B. ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000, Abschnitt 14) – die sogenannte Ausschaltbedingung dauerhaft eingehalten sein.

Dies bedeutet, dass die Querschnitte und Längen der Leiter sowie der zugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen so ausgelegt sein müssen, dass bei Normalbetrieb des Netzes die folgende Bedingung – je nach Nennspannung des Verteilungsnetzes - erfüllt ist.

Für Verteilungsnetze mit Nennspannungen U_N bis 400/230 V gilt:

$$Z_S \cdot 1,6 \cdot I_N \leq U_N$$

Für Verteilungsnetze mit größeren Werten der Nennspannung U_N gilt:

$$Z_S \cdot 2,5 \cdot I_N \leq U_N$$

Z_S Impedanz der Fehlerschleife, ermittelt durch Rechnung oder Messung
 I_N Nennstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung
 U_N Nennspannung gegen Erde

Innerhalb von elektrisch versorgten Objekten muss, sofern nicht die Ausschaltbedingung für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen (siehe Abschnitt 3.11.1) bis zur ersten Überstrom-Schutzeinrichtung in der ersten Verteilung die Anlage kurz- und erdschlussicher ausgeführt werden.

unerhebliche Schutzwirkung entfaltet, wenn keine Ausschaltung durch Überstrom-Schutzeinrichtungen erfolgt (Begrenzung der maximal möglichen auftretenden Berührungsströme, Überspannungsschutz). Es war u. a. eben dieser positive schutztechnische Effekt der Nullung, die im Jahr 1998 zur Nullungsverordnung geführt hat. Auch Details der Formulierung der Definition (z. B. die Verwendung des derzeit nirgendwo definierten Begriffs: „Kurzschlussartiger Fehlerstrom“) sind in den nächsten Jahren noch weiter zu entwickeln.



Wird die Ausschaltbedingung im Verteilungsnetz in einem Teil des Verteilungsnetzes nicht erfüllt, dann ist in den an diesen Teil des Verteilungsnetzes angeschlossenen Verbraucheranlagen eine andere Maßnahme des Fehlerschutzes, z. B. Fehlerstrom-Schutzschaltung, anzuwenden.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung in Objekten ist eine definierte, gut leitfähige Verbindung (Nullungsverbindung) zwischen dem Schutzerdungsleiter im Objekt einerseits und dem PEN-Leiter des das Objekt speisenden Netzes andererseits. Diese Verbindung wird für alle Verbraucheranlagen im betreffenden Objekt gleichermaßen wirksam.

Innerhalb eines elektrisch versorgten Objekts ist für Neuanlagen die Verwendung eines PEN-Leiters¹² ab dem Anschlusspunkt der Nullungsverbindung nicht mehr zulässig.

N- und PE-Leiter müssen ab diesem Punkt als getrennte Leiter ausgeführt werden. Der PEN-Leiter endet am Anschlusspunkt der Nullungsverbindung. Diese Festlegung schließt jedoch nicht aus, dass in bestehenden Anlagen ein PEN-Leiter über den Anschlusspunkt der Nullungsverbindung hinaus ausgeführt ist.

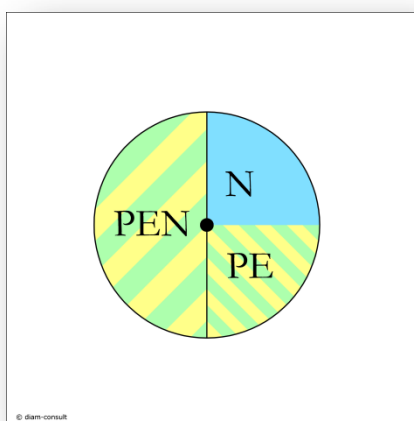


Abbildung 5 Symbol zur Kennzeichnung des Anschlusspunktes der Nullungsverbindung; die farbliche Gestaltung ist nicht Bestandteil der anerkannten Regel der Technik, sondern ein Vorschlag des Autors.

Für die Ausführung der Nullungsverbindung besteht eine eindeutige Festlegung, die im Wesentlichen jener der Nullungsverordnung 1998 entspricht. Darüber hinaus muss die Nullungsverbindung als Schutzerdungsleiter¹³ dimensioniert werden. Aus EMV-Gründen wird eine Dimensionierung mit einem Querschnitt entsprechend dem größten ankommenden Außenleiter empfohlen.

Die Lage des Anschlusspunktes der Nullungsverbindung an den PEN-Leiter muss

- auf einer Abdeckung der betreffenden Verteilung und

¹² Für Systeme ohne PEN-Leiter, in denen ein geerdeter Außenleiter (PEL) oder geerdeter Mittelpunktsleiter (PEM) vorhanden ist, gelten die Bestimmungen von ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009 Abschnitt 10 sinngemäß.

¹³ gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000, Tabelle 21-2



- beim Anschlusspunkt selbst

sichtbar und dauerhaft mit dem Symbol (siehe Abbildung 5, Farbgebung nicht genormt) gekennzeichnet werden. Für im Freien angeordnete Verteilungen darf die Kennzeichnung auf der Außenabdeckung entfallen.

Im Fall eines ausschließlichen TN-S-Systems ab der Stromquelle¹⁴ ist nur eine einzige definierte Verbindung des N-Leiters mit Erde herzustellen (Betriebserdung).

3.11 Wirksamkeit der Schutzmaßnahme Nullung

Damit die Schutzmaßnahme Nullung wirksam werden kann, sind einige Bedingungen einzuhalten. Es sind dies im Wesentlichen Ausschaltbedingungen und Erdungsbedingungen¹⁵.

Fehlerbehaftete Stromkreise müssen bei Auftreten eines Kurz- oder Körperschlusses mit vernachlässigbarer Impedanz innerhalb angemessener Zeiten ausgeschaltet werden. Dies erfolgt vorzugsweise mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen.

Hinsichtlich der zulässigen Ausschaltzeit bzw. entsprechender Ausschaltbedingungen werden die Anlagen wie folgt unterschieden:

- Verteilungsnetze¹⁶ bis zur ersten Überstrom-Schutzeinrichtung in der ersten Verteilung bei bzw. nach der Nullungsverbindung des zu speisenden Objektes,
- Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen, unabhängig von ihrem Nennstrom sowie Endstromkreise mit mehr als 32 A Nennstrom,
- Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom.

Die Ausschaltbedingungen in Verteilungsnetzen wurden schon dargestellt.

3.11.1 Ausschaltbedingung für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen

Diese Bedingungen für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen gelten auch für Endstromkreise mit Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennstrom über 32 A.

Für Verteilungsleitungen und für Endstromkreise mit einem Nennstrom über 32 A gilt eine zulässige Ausschaltzeit von 5 s.

Der einpolige Kurzschlussstrom bei einem Körperschluss muss durch Berechnung oder Messung der Impedanz der Fehlerschleife ermittelt werden. Die Einhaltung der Ausschaltzeit muss durch Vergleich

¹⁴ Bei Vorhandensein mehrerer Stromquellen erfolgt die Betriebserdung, indem der sogenannte Sternpunkt-Verbindungs-Leiter (SVL) nur an einem Punkt geerdet wird. Dieser Betriebserder ist zugleich der Anlagenerder des elektrisch versorgten Objekts, die Nullungsverbindung entfällt. (Auf die Ausführung von Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen wird hier nicht näher eingegangen. Siehe dazu die Ausführungen in ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009)

¹⁵ Auf die Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen wird hier nicht näher eingegangen. Siehe dazu die Ausführungen in ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009, Abschnitt 10.2.2.4 sowie Anhang E.

¹⁶ unabhängig ihrer Eigentumssituation



des Ergebnisses mit der Charakteristik und dem Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung nachgewiesen werden.

Selbstverständlich können gleichwertig dazu auch die in Tabelle 3-1 dargestellten Ausschaltstromfaktoren in Verbindung mit nachstehend angegebener Bedingung verwendet werden.

$$Z_S \cdot I_A \leq U_N$$

Z_S Impedanz der Fehlerschleife, ermittelt durch Rechnung oder Messung
 I_A Ausschaltstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung
 U_N Nennspannung gegen Erde

Art der Überstrom-Schutzeinrichtung	Faktor m für Endstromkreise mit Nennstrom ≤ 32 A	Faktor m für Verteilungsleitungen und Endstromkreise > 32 A
Schmelzsicherungen bis 125 A gG ¹⁷	10	3,5
Leitungsschutzschalter Charakteristik B ¹⁸	5	3,5
Leitungsschutzschalter Charakteristik C ¹⁹	10	3,5
Leitungsschutzschalter Charakteristik D ²⁰	20	3,5
Leistungsschalter oder andere geeignete Schaltgeräte	Ausschaltstrom-Zeitverhalten muss den Anforderungen an die jeweils maximalen zulässigen Ausschaltzeiten entsprechen.	
Für von B, C und D abweichende Kennlinien (Charakteristiken) ist m so zu wählen, dass die Magnetauslösung des Leitungsschutzschalters anspricht. Das Ausschaltstrom-Zeitverhalten muss den Anforderungen den jeweils maximalen zulässigen Ausschaltzeiten entsprechen.		

Tabelle 3-1 Ausschaltstromfaktoren m (Faktor m) gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009

Der Ausschaltstrom I_A wird mithilfe der Beziehung:

$$I_A = m \cdot I_N$$

I_A Ausschaltstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung
 m Ausschaltstromfaktor m (Faktor m)
 I_N Nennstrom der jeweils vorgelagerten Überstrom-Schutzeinrichtung

unter Verwendung der Werte für m aus Tabelle 3-1 errechnet.

3.11.2 Ausschaltbedingung für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom

Für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom gilt eine zulässige Ausschaltzeit

- von 0,4 s für Nennspannungen bis 230 V gegen Erde sowie
- von 0,2 s für Nennspannungen²¹ bis 400 V gegen Erde.

¹⁷ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60269 Reihe

¹⁸ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898

¹⁹ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898

²⁰ gemäß ÖVE/ÖNORM EN 60898

²¹ Für höhere Nennspannungen sind ergänzende Maßnahmen erforderlich! Zum Beispiel die Ausführung eines zusätzlichen Potenzialausgleichs.



Der einpolige Kurzschlussstrom bei einem Körperschluss muss durch Berechnung oder Messung der Impedanz der Fehlerschleife ermittelt werden. Die Einhaltung der Ausschaltzeit muss durch Vergleich des Ergebnisses mit der Charakteristik und dem Nennstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung nachgewiesen werden.

Selbstverständlich können gleichwertig dazu auch die o.a. Ausschaltbedingung und die in Tabelle 3-1 dargestellten Ausschaltstromfaktoren verwendet werden.

4 Schaltanlagen und Verteiler

Grundsätzlich gilt, dass Schaltanlagen und *Verteiler*²² so ausgewählt und aufgestellt werden müssen, dass Gefährdungen von Personen vermieden werden und ein hohes Maß an Betriebssicherheit erreicht wird.

Dies gilt auch für nachträgliche Änderungen, Erweiterungen an Schaltanlagen und Verteilern.

Darüber hinaus sind die allgemeinen Anforderungen²³ an das Herstellen und/oder den Einbau zu beachten. Von besonderer Bedeutung ist die Anforderung, dass Betriebsmittel so auszuwählen sind, dass die von ihnen ausgehenden störenden Einflüsse einschließlich der Schaltvorgänge bei bestimmungsgemäßem Betrieb andere Betriebsmittel oder das Versorgungsnetz nicht unzulässig beeinträchtigen. Die Betriebsmittel sind so auszuwählen, dass sie durch die üblicherweise auftretenden störenden elektromagnetischen Einflüsse in ihrer ordnungsgemäßen Funktion nicht beeinträchtigt werden.

Diese Forderung ist im bestimmungsgemäßen Betrieb eines einzelnen Betriebsmittels in der für das Betriebsmittel vorgesehenen elektromagnetischen Umgebung durch den *Hersteller des Betriebsmittels* zu gewährleisten und durch die CE-Kennzeichnung dokumentiert.

Beim Zusammentreffen von mehr als einem (CE-gekennzeichneten) Betriebsmittel in einem Verteiler sind zur Erfüllung dieser Forderung durch den Hersteller des Verteilers oder der Schaltanlagen qualifizierte Überlegungen (in manchen Fällen auch Messungen, z. B. Messung von Oberschwingungen) zum Nachweis dieser Forderung durchzuführen.

²² ÖVE/ÖNORM E 8001-2-30:2008-12-01

²³ ÖVE EN 1, Teil 2:1993 und Teil 2a:1996, § 25 Allgemeine Anforderungen

4.1 Gangbreiten und Durchgangshöhen für Notfälle

Schaltanlagen und Verteiler müssen so angeordnet und aufgestellt werden, dass die geforderten²⁴ Mindestmaße für Breite und Höhe der Gänge, jeweils in Abhängigkeit von der (IP-)Schutzart, nicht unterschritten werden.

In Abbildung 6 sind als Beispiel die Mindestanforderungen für Gänge in Niederspannungs-Schaltanlagen mit Schutzart größer gleich IP 2X als Beispiel dargestellt. Dabei ist zusätzlich ist zu beachten, dass die Gänge gegebenenfalls breiter gewählt werden müssen, damit sich die Schranktüren und Schwenkrahmen vollständig öffnen, und Einschübe sich vollständig ausziehen lassen.

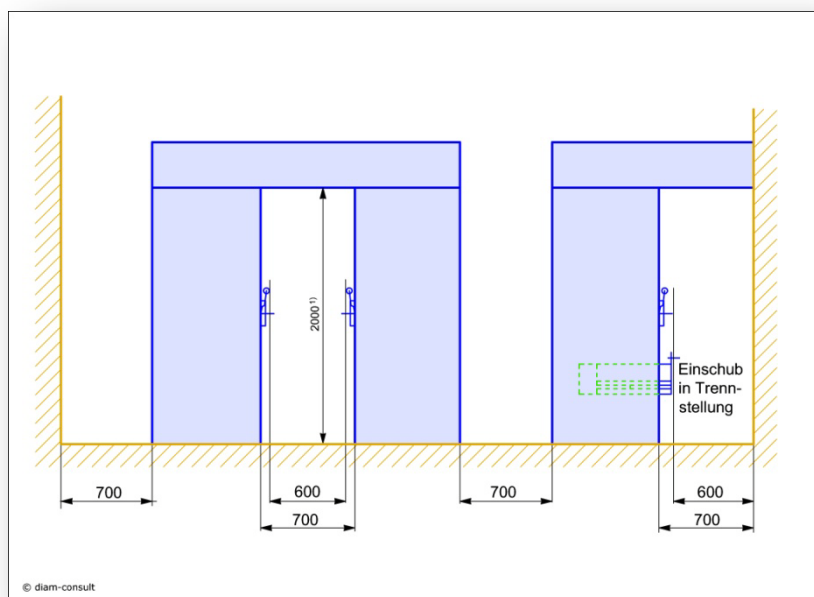


Abbildung 6 Mindestgangbreiten und Durchgangshöhen für Gänge in Niederspannungs-Schaltanlagen mit Schutzart größer gleich IP 2X; 1) ... Mindestdurchgangshöhen unter Abdeckungen oder Umhüllungen

4.2 Schaltanlagen als Arbeitsstätte

Von besonderer Bedeutung sind jene Maßnahmen, die dazu dienen, dass in Notfällen Personen auch bei offenstehenden Schrank- und Gehäusetüren die Ausgänge über Fluchtwege ohne Schwierigkeiten erreichen können.

²⁴ Mindestmaße gemäß ÖVE/ÖNORM E 8001-2-30:2008-12-01

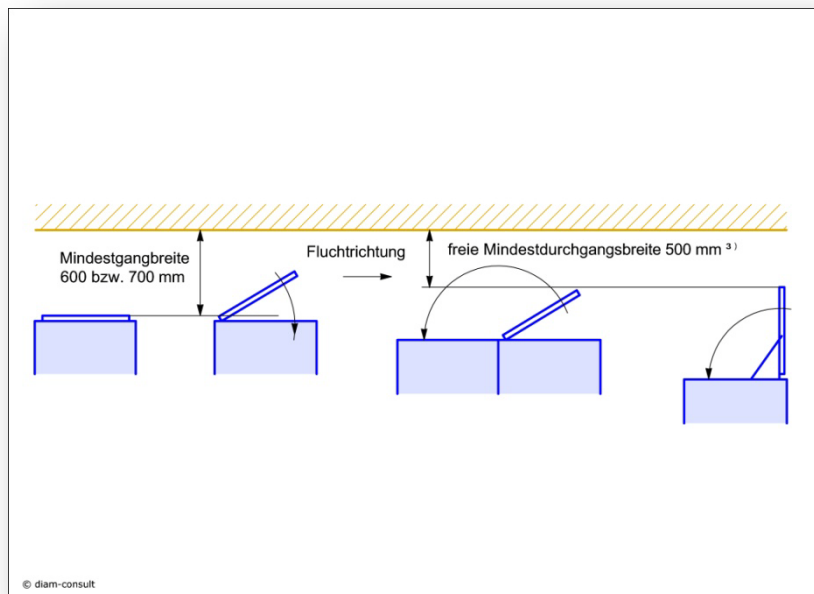


Abbildung 7 Gangbreiten im Bereich offener Türen, Zugängigkeit nur von einer Seite (Fluchrichtung nach rechts); 3) ... bei gegenüberliegenden Schaltanlagenfronten wird nur auf einer Seite mit der Einengung durch offene Türen gerechnet; bei der Errichtung ist jedenfalls darauf zu achten, dass sich alle Türen mindestens 90° öffnen lassen.

Dies ist vor allem bei Umbauten oder Sanierungen von Bedeutung, wenn in bestehende bauliche Anlagen neue, in der Dimension zu früher bestehenden Schränken oder Verteilern unterschiedliche (größere), Verteiler eingebaut werden sollen. Die Fragen der Mindestgang- und Durchgangsbreiten sind schon in der Phase der Projektierung zu berücksichtigen!

Dies Anforderung gilt als erfüllt, wenn z. B. Schrank- bzw. Gehäusetüren in Fluchrichtung zuschlagen oder sich so weit öffnen lassen, dass die verbleibende Breite die Mindestdurchgangsbreite von 500 mm nicht unterschreitet (siehe Abbildung 7).

Gänge mit einer Länge von mehr als 20 m müssen von beiden Seiten zugänglich sein. Für Gänge, die länger als 6 m sind, wird ein beidseitiger Zugang empfohlen. Bei beidseitigem Zugang müssen beide Fluchrichtungen bei der Festlegung der Mindestgangbreiten berücksichtigt werden.

Abschließend soll an dieser Stelle nochmals daran erinnert werden, dass als Mindestschutzart für Schaltschränke und Verteiler *außerhalb* abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten IP2XC²⁵ eingehalten werden muss.

²⁵ IP ... International Protection; 2 ... geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Finger und geschützt gegen feste Fremdkörper mit 12,5 mm Durchmesser und größer; C ... geschützt gegen den Zugang mit Werkzeug



4.3 **Kennzeichnung, Anschluss, Prüfung Dokumentation**

Schaltanlagen und Verteiler müssen mit dem Namen bzw. dem Kurzzeichen des Errichters (gemeint ist an dieser Stelle der „endgültige Errichter“ und nicht der Hersteller der jeweiligen Komponente) sowie mit einer eindeutigen Kennung und der erforderlichen Dokumentation²⁶ unter Angabe aller erforderlichen technischen Daten wie z. B. Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Kurzschlussfestigkeit, ermittelte Verlustleistung, versehen sein.

Die Zuordnung der von außen eingeführten Leiter zu ihren Stromkreisen muss eindeutig und dauerhaft ausgeführt sein, z. B. durch:

- Anordnung (räumliche Einteilung) oder
- Kennzeichnung der Kabel, Leitungen oder sonstiger Leiter in Übereinstimmung mit den Schaltungsunterlagen²⁷.

Erforderlichenfalls sind die Stromkreiskennzeichnungen für den Anschluss vom („endgültigen“) Errichter zu ergänzen.

Von außen eingeführte Kabel und Leitungen müssen vor ihren Anschlussstellen so befestigt werden, dass sie an den Anschlussstellen zug- und druckentlastet sind und in Übereinstimmung mit den Schaltungsunterlagen angeschlossen werden.

Nach Vollendung der Anschlussarbeiten müssen die Einführungsöffnungen, sofern nicht bereits vom Hersteller vorbereitet, so verschlossen werden, dass die vorgesehene Schutzart für die gesamte Schaltanlage bzw. für den Verteiler eingehalten wird.

Nach Fertigstellung bzw. nach Abschluss der Montage- und Anschlussarbeiten vor Ort müssen Schaltanlagen und Verteiler, je nach Zutreffen entweder gemäß den Prüfbestimmungen der Normenreihe ÖVE/ÖNORM EN 60439 oder gemäß der Normenreihe ÖVE/ÖNORM E 8001-6 geprüft und dokumentiert werden. Das Ergebnis und der Umfang der Prüfung müssen dokumentiert und dem Anlagenbuch beigelegt werden.

Im Rahmen der dabei erforderlichen Besichtigung muss festgestellt werden, ob

- die vorgesehenen Betriebsmittel vorhanden, vollständig und ordnungsgemäß (gemäß Herstellerangabe) eingebaut und in Übereinstimmung mit dem Schaltplan verdrahtet sind.
- die erforderlichen Mindestwerte der Kriech- und Luftstrecken eingehalten sind,
- Schaltanlagen und Verteiler mit Namen oder Kennzeichnung des (endgültigen) Errichters sowie mit einer eindeutigen Kennung versehen sind.

²⁶ Gemäß ÖVE-EN 1, Teil 2:1993, § 25.2.6.5 bzw. § 25.2.6.6 unter Angabe aller erforderlichen technischen Daten (Bemessungsspannung, Bemessungsstrom, Kurzschlussfestigkeit, ermittelte Verlustleistung, u. dgl.)

²⁷ Kennzeichnung gemäß ÖVE-EN 1, Teil 2:1993, § 25.2.6.5



5 Schutzleiterströme

Spätestens seit dem in Österreich häufiger werdenden Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungsfehlerstrom (früher: Nennfehlerstrom) von $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ (z. B. für die Schutzmaßnahme Zusatzschutz) ist es für den Praktiker von Interesse mit welchen maximalen Werten von so genannten "Schutzleiterströmen"²⁸ in elektrischen Niederspannungsanlagen bzw. in einzelnen Stromkreisen zu rechnen ist²⁹.

Sucht man nach Quellen zur Beantwortung dieser Frage stößt man auf eine - in der täglichen Praxis eher weniger bekannten³⁰ - Europäischen Sicherheitsgrundnorm, zu den Aussagen über maximal zulässige Schutzleiterströme in der EN 61140³¹.

5.1 Grundlagen

Die detaillierte Beschäftigung mit den Aussagen der Sicherheitsgrundnorm EN 61140³² führt auch auf das Gebiet der Schutzleiterströme.

Es gilt³³:

„Es müssen Maßnahmen in der Anlage und im Betriebsmittel getroffen werden, um zu verhindern, dass übermäßige Schutzleiterströme auftreten, die die Sicherheit oder die bestimmungsgemäße Nutzung der elektrischen Anlage beeinträchtigen. Verträglichkeit muss sichergestellt werden für Ströme aller Frequenzen, die zum Betriebsmittel übertragen werden oder die vom Betriebsmittel erzeugt werden.“

Für den Anlagenerrichter ergibt sich nun die Frage, mit welchen Maßnahmen er nun zur Erfüllung dieser grundlegenden Sicherheitsanforderung beitragen kann. Dazu zuerst ein Blick auf die international (europaweit) festgelegten maximalen Grenzwerte für Schutzleiterströme.

5.2 Grenzwerte in EN 61140

In EN 61140 werden Betriebsmittel hinsichtlich der erlaubten maximalen Schutzleiterströme (*pro Betriebsmittel!!*) in drei Gruppen eingeteilt.

²⁸ Gemäß IEC 61140, Abschnitt 3.38 versteht man unter dem Schutzleiterstrom jenen Strom, der in einem Schutzleiter fließt.

²⁹ Auf die Bedeutung von Schutzleiterströmen im Zusammenhang mit den Anforderungen an Niederspannungsinstallationen für den störungsfreien Betrieb von Einrichtungen der Informationstechnik wird hier bewusst nicht eingegangen.

³⁰ Diese Europäische Norm richtet sich auch nicht direkt an die ausführenden Elektrofachkräfte, sondern an jene Personen, die mit der Ausarbeitung von Europäischen Normen für elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen beschäftigt sind.

³¹ EN 61140: März 2002+A1:August 2006; Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel

³² Im Folgenden wird – wo nicht anderes angegeben - auf die deutsche Textfassung von EN 61140: März 2002+A1:August 2006 Bezug genommen

³³ EN 61140, Abschnitt 7.5.2



Zur ersten Gruppe zählen

- steckbare Verbrauchsmittel mit einem Bemessungsstrom $I_N \leq 32$ A.

Zur zweiten Gruppe zählen

- Verbrauchsmittel für dauerhaften Anschluss ohne spezielle Maßnahmen für den Schutzleiter
- ortsfeste³⁴ Verbrauchsmittel ohne spezielle Maßnahmen für den Schutzleiter
- steckbare Verbrauchsmittel mit einem Bemessungsstrom $I_N > 32$ A.

Zur dritten Gruppe zählen

- Verbrauchsmittel für dauerhaften Anschluss mit spezielle Maßnahmen für den Anschluss eines verstärkten Schutzleiters (Schutzleiterströme > 10 mA)

Wir wollen hier vor allem die Grenzwerte für Betriebsmittel der Gruppen eins und zwei betrachten.

Die aktuellen Grenzwerte für Bemessungsfrequenzen 50 Hz oder 60 Hz³⁵ sind in Tabelle 5-1 und

Tabelle 5-2 angegeben.

Bemessungsstrom der Betriebsmittel	Maximaler Schutzleiterstrom
≤ 4 A	2 mA
> 4 A, aber ≤ 10 A	0,5 mA/A
> 10 A	5 mA

Tabelle 5-1 Werte für steckbare Verbrauchsmittel, geeignet für den Anschluss mittels ein- oder mehrpoliger Steckvorrichtungen mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 32 A.

Bemessungsstrom der Betriebsmittel	Maximaler Schutzleiterstrom
≤ 7 A	3,5 mA
> 7 A, aber ≤ 20 A	0,5 mA/A
> 20 A	10 mA

Tabelle 5-2 Werte für dauerhaft angeschlossene Verbrauchsmittel und ortsfeste Verbrauchsmittel, beide ohne spezielle Maßnahmen für den Schutzleiter oder steckbare Verbrauchsmittel, geeignet für den Anschluss mittels ein- oder mehrpoliger Steckvorrichtungen mit einem Bemessungsstrom größer als 32 Auswirkungen auf die Installationspraxis

Bei der praktischen Ausführung von Niederspannungsinstallationen ist den möglichen auftretenden Schutzleiterströmen, die die Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Richtung ungewollte

³⁴ Ortsfestes Betriebsmittel: fest angebrachtes elektrisches Betriebsmittel ohne Tragevorrichtung dessen Masse so groß ist, dass es nicht leicht bewegt werden kann. Der Wert dieser Masse ist in IEC-Normen für Geräte für den Hausgebrauch mit mindestens 18 kg festgelegt. [Quelle: IEC 826-16-06]

³⁵ Siehe EN 61140 Abschnitte 7.5.2.2 a), und b)



Auslösung beeinflussen, und damit Betriebssicherheit der Anlage negativ beeinflussen, verstärkt Bedeutung beizumessen.

Dies bedeutet in vielen Fällen, dass zur Herstellung der Betriebssicherheit bei gleichzeitig geringem Restrisiko vor allem in Stromkreisen mit Steckdosen - wo ja weder Planer noch der ausführende Elektroinstallateur über technisch tragfähige Informationen über die Art der an diese Steckdosen angeschlossenen Verbrauchsmittel verfügen - die *Aufteilung von Stromkreisen* auf in mehrere Stromkreisgruppen, geschützt durch je eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (bzw. FI/LS - Einrichtung) mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$, unumgänglich ist.

Wenngleich die tatsächlich von den *einzelnen* Betriebsmitteln verursachten Schutzleiterströme meist unterhalb den in EN 61140 angegebenen Maximalwerten liegen, muss bei der Ausführung der Anlagen berücksichtigt werden, dass es bei Einhaltung der *derzeit* („informativ“) geltenden maximal zulässigen Grenzwerte für 50 Hz bzw. 60 Hz Schutzleiterstrom, bei steckbaren Verbrauchsmitteln mit Bemessungsstrom (Nennstrom) von bis zu 4 A beim Einsatz einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ schon bei acht Betriebsmitteln pro Stromkreis zu einem Überschreiten der Grenze der Nichtauslösung und damit zur ungewollten Auslösung kommen kann. Bei Verbrauchsmitteln mit $I_N > 10 \text{ A}$ kann dieser Effekt schon bei vier Betriebsmitteln(!) pro Stromkreis auftreten (siehe Tabelle 5-1).

Bei dauerhaft angeschlossenen Betriebsmitteln liegen die entsprechenden Werte bei fünf ($I_N \leq 7 \text{ A}$) bzw. zwei ($7 \text{ A} < I_N \leq 20 \text{ A}$) angeschlossenen Betriebsmitteln (siehe Tabelle 5-2).

Diese Werte ergeben sich konsequent unter Beachtung der Grenze der Nichtauslösung von $0,5 \cdot I_{\Delta N}$ von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen. Bei $I_{\Delta N} = 10 \text{ mA}$ ergibt sich damit ein Wert von 5 mA, bei $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ ein Grenzwert von 15 mA.

Durch Berücksichtigung dieser Überlegungen und die konsequente Verwendung von FI/LS-Schaltern mit $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ zum Schutz der einzelnen (aufgeteilten) Stromkreise ("Gruppenschutz" siehe auch Abbildung 9), wird die Wahrscheinlichkeit der ungewollten Auslösung durch Schutzleiterströme von 50 Hz jedoch deutlich reduziert.

6 Brandschutz in Verbraucheranlagen

6.1 Brandschutz und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung

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

Fehlerströme gegen Erde entstehen, wenn



- 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 in 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 und sogenannte „unverzögerte“ FI-Schalter, früher auch „bedingt-stoßstromfeste“ FI-Schalter genannt) können prinzipiell gegen derartige Gefahren schützen. Dies jedoch mit dem wesentlichen Nachteil, dass sie die Verfügbarkeit der elektrischen Energie in der Anlage, und damit der Betriebssicherheit, reduzieren.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen dieser genannten Charakteristiken sind in erster Linie für den Schutz gegen gefährlichen elektrischen Schlag (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-Schaltern der Charakteristik S).

Das bedeutet, dass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in vielen Fällen gleichzeitig mit Überstrom--Schutzeinrichtungen (Leitungsschutzschalter) ausschalten (was für den Schutz gegen gefährlichen elektrischen Schlag keine unmittelbare zusätzliche Risikominderung bringt!). Dies beeinträchtigt die Verfügbarkeit der elektrischen Energie und führt zu (nicht notwendigen) Stillstandzeiten elektrischer Betriebsmittel (Datenverlust, ...).

6.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den Brandschutz

Ein speziell für den Brandschutz konzipiertes Schaltgerät, das nach dem Differenzstromprinzip arbeitet, ist die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Typs M³⁶.

Auf welchen schutztechnischen Überlegungen basiert dieses Schaltgerät, auch *Hauptschutzschalter für genullte Anlagen*, genannt?

³⁶ Hauptschutzschaltgerät des Typs M, gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8603, zeitverzögerte Fehlerstrom-Schutzschalter des Typs M ohne eingebauten Überstromschutz zur Anwendung in Stromkreisen mit Nennströmen > 32 A



Es geht vor allem um das Schutzziel *Brandschutz in genullten Anlagen*. *Brandschutz* jedoch unter Vermeidung der oben schon angesprochenen Nachteile, dass es einerseits zu ungewollten „Doppelauslösungen“ von Leitungsschutzschaltern und anderen in der Verbraucheranlagen eingebauten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen kommt, 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.

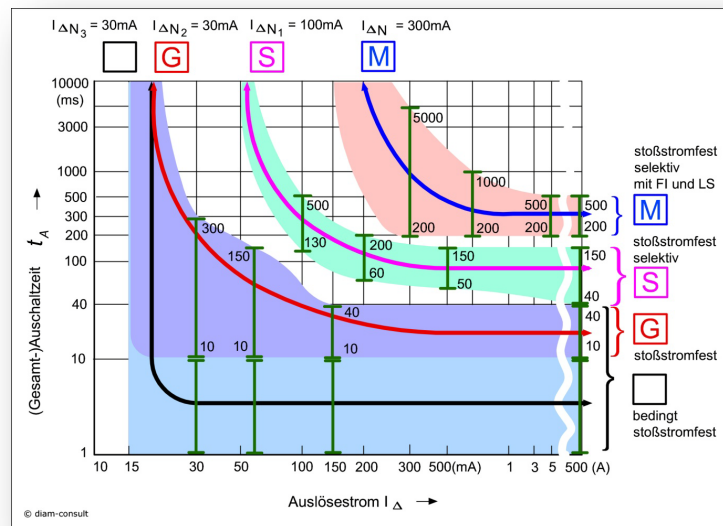


Abbildung 8 Auslösestrom-/Ausschaltzeit-Charakteristiken und minimale Auslösezeiten von bedingt-stoßstromfesten FI-Schaltern, S-Schaltern, G-Schaltern und M-Schaltern; Staffelung der Nennfehlerströme $I_{\Delta N}$ gemäß Selektivitätsbedingung für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, schematische Darstellung

Eine zuverlässig wirksame Selektivität zwischen S-FI-Schaltern, G-FI-Schaltern oder unverzögerten FI-Schaltern lässt sich mit Überstrom-Schutzeinrichtungen in genullten Anlagen nicht herstellen. Dies deswegen, weil z. B. Leitungsschutzschalter erst innerhalb von ca. 0,1 s ausschalten, wenn die Kurzschlussströme nur geringfügig über ihrer Auslösegrenze liegen. [Bei hohen Kurzschlussströmen (einige Hundert Ampere und darüber) schalten sie natürlich in wenigen Millisekunden aus].

Der Hauptschutzschalter vermeidet diesen Nachteil mit einer kleinsten zulässigen Auslösezeit von 0,2 s. Dieses Verhalten wird im *Hauptschutzschalter mit Charakteristik M* realisiert (Abbildung 8).

Wenn ein Leitungsschutzschalter elektromagnetisch innerhalb von längstens 0,2 s ausschaltet und das Hauptschaltgerät in Serie 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 Hauptschutzschalter auszuschalten.



Der Wert der Auslösezeit (auch oft umgangssprachlich als „Verzögerungszeit“ bezeichnet³⁷) des Hauptschutzschalters der Charakteristik M 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 Hauptschutzschalter der Charakteristik M viel schneller aus als die thermischen Auslöser der Leitungsschutzschalter. Dadurch wird die Fehlerleistung, die maßgebend für die Zündung eines Brandes ist, stark herabgesetzt.

Die Hauptaufgabe des Hauptschutzschalters mit Charakteristik 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.

6.3 *Hauptschutzschalter in genullten Anlagen*

In Abbildung 9 ist ein mögliches Ausführungsbeispiel einer 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.

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 in Schaltgeräten. Durch die Selektivität des Hauptschutzschalters 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 Hauptschutzschalter (1) eingeschaltet bleibt.

Der Hauptschutzschalter (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 dem Hauptschutzschalter* liegen und die von den Leitungsschutzschaltern (3) bzw. der netzseitig vor dem Hauptschutzschalter liegenden Überstrom-Schutzeinrichtung (z. B. Hausanschlussicherung, Vorzählersicherung, ...) nicht rechtzeitig ausgeschaltet werden können.

³⁷ 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.

In diesem Fall schaltet der Hauptschutzschalter die gesamte Anlage ab, was bei Abwägung der Risiken (Brandrisiko und Folgeschäden) vertretbar erscheint.

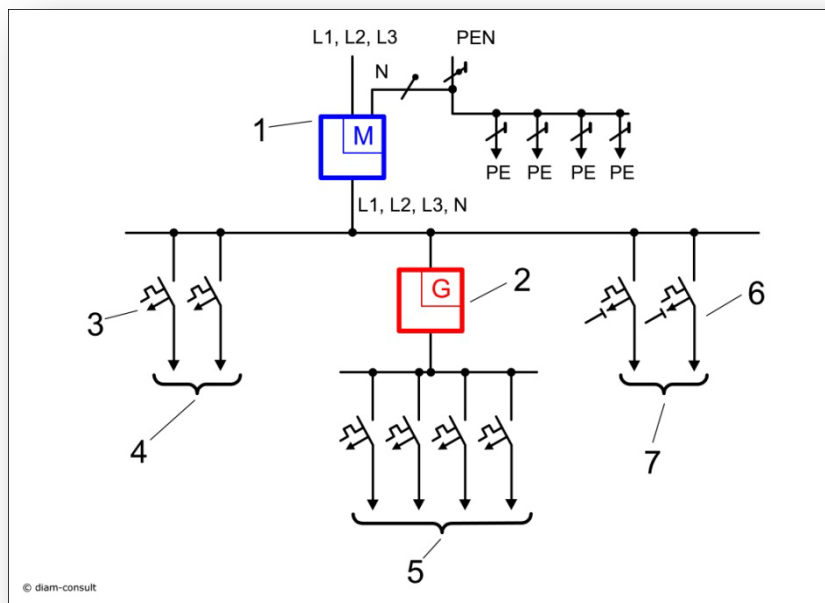


Abbildung 9 Hauptschutzschalter in einer genullten Installation, Ausführungsbeispiel (schematisch)

- 1 ... Hauptschutzschalter, Charakteristik 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

7 Literaturhinweise

- [1] Elektrotechnikgesetz 1992, BGBl. 106/1993
- [2] BGBl. II 223/2010, 12. Juli 2010; Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft Familie und Jugend mit der die Elektrotechnikverordnung 2002 geändert wird (Elektrotechnikverordnung 2002/A2 – ETV 2002/A2)
- [3] Henschl, T; Mörx, A.; Elektroinstallation in Gebäuden; incl. 1. bis 6. Ergänzungslieferung; Österreichischer Wirtschaftsverlag 2011.
- [4] Ludwar, G. und Mörx, A. Elektrotechnikrecht- Praxisorientierter Kommentar. Wien : ÖVE, 2007. ISBN 978-3-85133-044-1, Bezugsquelle: www.ove.at/oek/shop/erecht.htm.
- [5] EN 61140: März 2002+A1:August 2006; Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame
- [6] ÖVE/ÖNORM EN 61140:2007-05-01; Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- [7] IEC 61140:2001+A1:2004; Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment