

Fachinformation

des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees – OEK

Erläuterungen zu ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009-04-01

Hinweis zu den Markierungen im Text:

Die Schlüsselpassagen sind farblich, durch den Schriftstil *kursiv* und die Schriftart *Times New Roman* gekennzeichnet.

1. Einleitung

Mit ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009 wurde der Abschnitt 10 – Nullung von ÖVE/ÖNORM E 8001-1:2000 komplett überarbeitet und an verschiedene Teile des Europäischen Harmonisierungsdokuments CENELEC HD 60364 (Basis IEC 60364) angeglichen.

Dabei wurden folgende Verschärfungen gegenüber der bisherigen Fassung der Bestimmungen für die Nullung für notwendig erachtet:

- Die Bestimmungen über die Ausschaltzeiten im Fehlerfall sollten an das internationale Niveau im Sinne einer Verringerung des Restrisikos angeglichen werden.
- Die *Errichtung von Verbraucheranlagen mit PEN-Leiter* (TN-C-System) innerhalb von Gebäuden (nunmehr „elektrisch versorgte Objekte“) sollte aus EMV-Gründen deutlich eingeschränkt werden. Jeder PEN-Leiter, der bestimmungsgemäß an mehreren, räumlich voneinander entfernten Punkten direkt oder über Schutzerdungsleiter mit Erde verbunden ist, jedoch gleichzeitig einen Betriebsstrom führt, kann Ströme über Erde und fremde leitfähige Teile verursachen. Diese Ströme verursachen in den umgebenden Bereichen magnetische Felder. Diese Ströme und Fel-

der können sich insbesondere auf empfindliche Betriebsmittel und vernetzte Einrichtungen der Informationstechnik nachteilig auswirken.

Erläuterungsbedarf ergibt sich einerseits durch aus der für eine Norm gebotenen Kürze der Formulierungen ohne umfangreiche Erläuterungen (die im Anhang E von ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009 enthaltenen Erläuterungen sind, wie die Praxis zeigt, nicht umfassend genug).

Zum anderen beschäftigt sich dieser Teil der Norm mit Maßnahmen zur Verbesserung des EMV-Verhaltens genullter Anlagen, die nicht nur aus der Sicht der störenden Betriebsmittel (hier der elektrischen Anlage), sondern auch aus der Sicht der beeinflussten Betriebsmittel gesehen werden müssen. Eine Aufgabenstellung bei der Überarbeitung von Abschnitt 10 war es, die Fünf-Leiter-Installation innerhalb von Gebäuden von einer Empfehlung in eine normative Bestimmung umzuwandeln, da im Bereich von Anlagen im TN-C-System bestimmte Betriebsmittel der Informationstechnik gestört werden können.

Allerdings muss auch dem Argument Berechtigung eingeräumt werden, dass der Aufwand dafür in bestimmten Anlagen unzumutbar hoch ist, wenn die in diesen Anlagen eingesetzte Informationstechnik entsprechend erhöhte Störfestigkeit aufweist und zusätzliche Maßnahmen gesetzt werden.

Eine andere Möglichkeit zur Vermeidung von EMV-Problemen ist die Anwendung eines komplexen,

eng vermaschten Erdungs-, Potenzialausgleichs- und Blitzschutzsystems. Mit der damit erzielten großflächigen Aufteilung von Ausgleichsströmen werden EMV-Probleme vermieden (z. B. in Kraftwerken und Anlagen der Industrie).

Generell gilt, dass sich an den Bestimmungen für Verteilungsnetze inhaltlich nichts geändert hat, da die Abschnitte 10.2.2.2 bis 10.2.2.4 sich ausschließlich auf Verbraucheranlagen beziehen, die in Abschnitt 3.1.10 klar abgegrenzt sind. Das TN-C-System mit Verbindung des PEN-Leiters zur verbraucherseitigen Erdungsanlage wird wegen seiner sicherheitstechnischen Vorteile unverändert beibehalten. Innerhalb eines Objektes mit eingebauter Netztrafostation oder bei mehreren Anspeisungen aus dem öffentlichen Verteilungsnetz kommt es dabei zu mehrfachen Verbindungen des PEN-Leiters mit der Erdungsanlage des Objektes. Dies ergibt sich aus den Anforderungen der Nullungsverordnung für das öffentliche Verteilungsnetz.

2. Interpretationsbedürftige Textabschnitte von ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009

Hinweis zu den Markierungen im Text:

Die Schlüsselpassagen sind **farblich**, durch den Schriftstil *kursiv* und die Schriftart *Times New Roman* gekennzeichnet.

Abschnitt 3.1.7 (elektrisch versorgtes) Objekt

Bauwerk einschließlich zugehöriger Außenanlagen mit gemeinsamer Versorgungseinrichtung für elektrische Energie (Hausanschluss, Transformator, Generator) und Hauptpotenzialausgleich

Als Objekt im Sinne dieser Bestimmungen gelten auch Gebäudekomplexe, bestehend aus mehreren Bauteilen, die sowohl gemeinsam mit elektrischer Energie versorgt werden als auch *ein gemeinsames System für den Hauptpotenzialausgleich aufweisen*. Auch elektrische Verbraucheranlagen ohne Gebäude, jedoch mit einem *gemeinsamen Anschluss* gelten als ein elektrisch versorgtes Objekt.

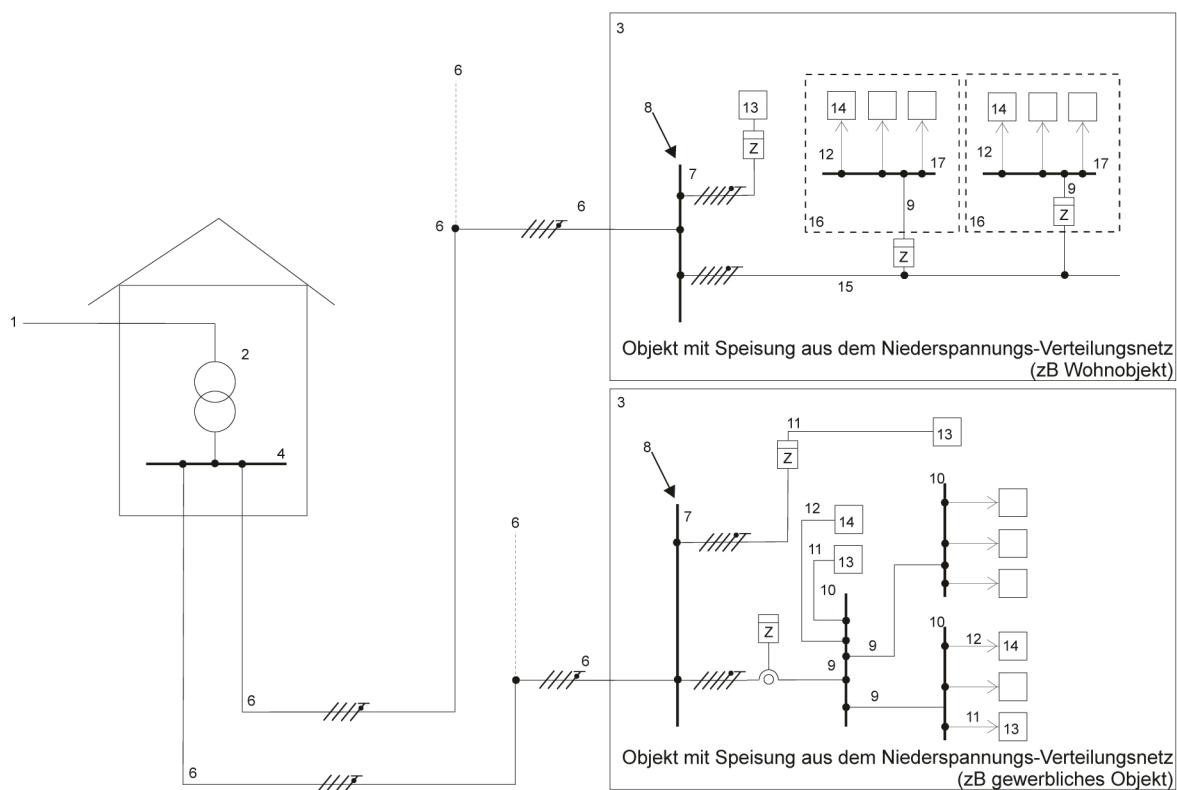


Bild 3-6a – Abgrenzung zwischen Verteilungsnetz und elektrischen Anlagen in Objekten – Situation mit einem öffentlichen Verteilernetz

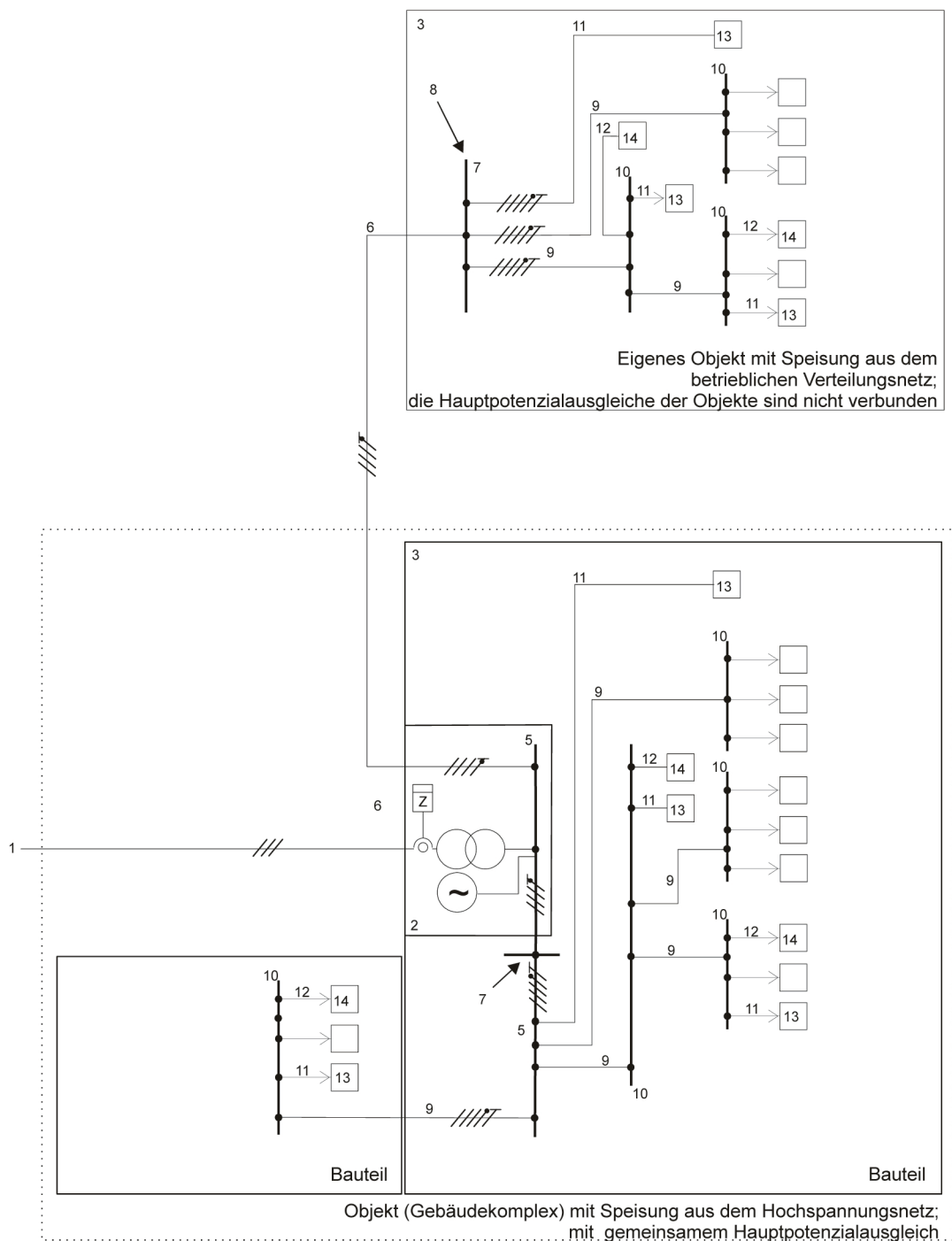


Bild 3-6b – Abgrenzung zwischen Verteilungsnetz und elektrischen Anlagen in Objekten – Situation mit einem betrieblichen Verteilungsnetz

Abschnitt 3.1.10 Verbraucheranlage

Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel innerhalb eines elektrisch versorgten Objekts *ab der technischen Grenze des Verteilungsnetzes*¹⁾ (gemäß Bild 3-6a und Bild 3-6b), ausgenommen die technisch dem Verteilungsnetz zuzurechnenden Teile des Hausanschlusses

Im Objekt allfällig vorhandene Stromquellen gehören nicht zur Verbraucheranlage in diesem Sinne.

Abschnitt 10.1.1, zweiter Absatz

Innerhalb eines elektrisch versorgten Objekts ist für Neuanlagen die Verwendung eines PEN-Leiters

¹⁾ Siehe dazu ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4:2009, Abschnitt 10.2.1, 1. Aufzählungsstrich: Verteilungsnetze unabhängig ihrer Eigentumssituation bis zur ersten Überstrom-Schutzeinrichtung in der ersten Verteilung bei bzw. nach der Nullungsverbindung des zu speisenden Objektes.

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 (siehe Bild 3-6a und Bild 3-6b).

Abschnitt 10.2.2.1 Erdungsbedingungen für Verteilnetze, Ziffer 1)

Für derartige (z. B. öffentliche) Verteilnetze müssen folgende Bedingungen eingehalten werden: Der PEN-Leiter muss *in der Nähe der Stromquelle (des Transformators)* und nahe den Enden der Netzausläufer *geerdet werden* (Betriebserdung). Als Netzausläufer gelten dabei Abzweige mit einer Länge von mehr als 100 m. In neu zu errichtenden Netzen, an die überwiegend Verbraucheranlagen mit Nullung als Maßnahme des Fehlerschutzes angeschlossen werden, sind Erdungen an den Enden der Netzausläufer nur dort erforderlich, wo netzseitig Überspannungsschutzeinrichtungen zum Einsatz kommen.

Abschnitt 10.2.2.3 Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit eigener Stromquelle

„In Verbraucheranlagen mit einer einzigen Stromquelle (Transformator oder Generator), *darf der Sternpunkt nur an einem Punkt geerdet werden (Betriebserdung)*. Innerhalb des Objektes sind N-Leiter und PE-Leiter getrennt zu führen (TN-S-System).“

Abschnitt 10.2.2.4 Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen

ANMERKUNG Physikalische Grundsätze für den Parallelbetrieb mehrerer Stromquellen innerhalb eines elektrisch versorgten Objektes siehe *Anhang E*.

Abschnitt 10.2.2.4.1 Ausführung mit Sternpunkts-Verbindungs-Leitung (SVL)

Werden innerhalb eines elektrisch versorgten Objektes *mehrere Stromquellen* (z. B. Transformatoren, Generatoren) einzeln oder parallel betrieben, so sind die Sternpunkte dieser Stromquellen *vorzugsweise* mittels eines Sternpunkt-Verbindungs-Leiters (SVL) (siehe 3.3.3.7) zu verbinden. Dieser Sternpunkt-Verbindungs-Leiter (SVL) muss an einem einzigen Punkt geerdet werden. Ab diesem Punkt muss die Anlage

als TN-S-System errichtet werden (symbolische Darstellung siehe Bild 10-4). Der PE-Leiter darf beliebig oft zusätzlich geerdet oder mit dem Potenzialausgleich verbunden werden.

ANMERKUNG *Diese Lösung setzt voraus, dass die Entfernung zwischen den verschiedenen Stromquellen nicht zu groß ist*. Andernfalls kann die Ausschaltbedingung im Fehlerfall wegen zu hoher Schleifenwiderstände nicht oder nur mit hohem Aufwand erfüllbar sein.

Abschnitt 10.2.2.4.2 Alternative Ausführung

Ist aus technischen Gründen eine Ausführung gemäß 10.2.2.4.1 nicht sinnvoll realisierbar, so darf die Speisung des elektrisch versorgten Objektes auf mehrere einzelne Stromquellen oder mehrere Gruppen von Stromquellen mit jeweils separatem SVL aufgeteilt werden, deren Sternpunkte bzw. Sternpunkt-Verbindungs-Leiter jeder für sich geerdet sind. Eine Zusammenschaltung dieser Gruppen *sollte* vermieden werden.

Hinweis:

Mit der Elektrotechnikverordnung 2002/A2, BGBl. II Nr. 223 vom 12. Juli 2010 wurde die o. a. ÖVE/ÖNORM (mit Ausnahme des Abschnittes 10.2.2.4) als SNT-Bestimmung für verbindlich erklärt. Neue Anlagen sind bereits seit 1. Jänner 2011 dementsprechend zu errichten.

3. Erläuterung der einzelnen Absätze

Mit den nachstehenden Erläuterungen in der Reihenfolge der Abschnittsnummerierung soll daher eine Hilfestellung bei der Interpretation der Bestimmungen gegeben werden.

Zu Abschnitt 1 – Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt wurde mit der Änderung A4 nicht verändert. International sind Anlagen der öffentlichen Stromversorgung vom Geltungsbereich der Publikationen IEC 60364 bzw. CENELEC HD 60364 ausgenommen, bzw. es ist den Nationalkomitees überlassen, diesen Bereich sinngemäß in die nationalen Normen einzubeziehen. Dies ist in Österreich dadurch erfolgt, dass für den Bereich der Verteilnetze

besondere Aussagen getroffen wurden, die von diesen internationalen Normen abweichen (Ausschaltstromfaktor $m = 1,6$ sowie generelle Anwendung des TN-C-Systems gemäß Nullungsverordnung). Mit diesen Bestimmungen wird vor allem eine deutliche Verringerung der Fehlerspannung bis zum Hausanschluss sowie ein möglichst flacher Verlauf des Fehlerspannungstrichters außerhalb des Einflussbereiches der Erdungsanlagen erreicht.

Zu Abschnitt 3.1.7 und Abschnitt 3.1.9

Der neue Begriff des „elektrisch versorgten Objekts“ sowie die Neuformulierung von Abschnitt 3.1.9 „Verteilungsleitung“ waren notwendig, um das Verteilungsnetz von den sogenannten „Verteilungsleitungen“ innerhalb der Objekte abzugrenzen, weil für diese Leitungen unterschiedliche Ausschaltbedingungen festgelegt wurden. Der früher verwendete Begriff „Gebäude“ wurde als unzureichend empfunden, weil auch Außenanlagen einzubeziehen sind. Im Wesentlichen geht es bei den „Objekten“ jedoch um Gebäude und diesen unmittelbar zugeordnete elektrische Anlagen.

Obwohl sich aus den Anforderungen, die auf Verbraucheranlagen abzielen, und den zugehörigen Begriffsbestimmungen eine klare Abgrenzung ergibt, bestehen Unklarheiten und Erläuterungsbedarf, wie künftig die Anschlüsse an das Netz für größere Gebäude und „Gebäudekomplexe“ sowie für Reihenhäuser und Wohnhausanlagen hergestellt werden sollen. Wegen unterschiedlicher Vorgaben für die technische Ausführung von Anschlüssen an öffentliche Netze werden die Eigentumsgrenzen mit den Netzbetreibern jeweils vertraglich geregelt, was zu regionalen Unterschieden führt.

So ist es unverändert zulässig, für eine auf einer gemeinsamen Fundamentplatte errichtete Wohnhausanlage mit mehreren Stiegen jede Stiege mit einem eigenen Hausanschluss zu versehen und die jeweilige Nullungsverbindung mit der (eventuell gemeinsamen) Erdungsanlage zu verbinden. Gleiches gilt auch für Einfamilien-Reihenhäuser.

Es gibt auch keine sinnvolle Möglichkeit, messtechnisch zu überprüfen, ob die Erdungsanlagen benachbarter Objekte miteinander eine galvanische Verbindung z. B. über Fernmeldeleitungen, Fernwärmeleitungen oder Blitzschutzanlagen u. dgl. haben. In dicht verbauten Gebieten mit eng vermaschten Erdungs- und Potenzialausgleichssystemen spricht man von einem „globalen Erdungssystem“, das als sicherheitstechnisch sehr vorteilhaft gilt.

Ein Gebäudekomplex, bestehend aus mehreren Bauwerken, ist dann **ein elektrisch versorgtes Objekt**, wenn er **nur einen Anschluss** an das Netz hat und der Gebäudekomplex **einen** gemeinsamen, umfassenden Hauptpotenzialausgleich aufweist.

Zu Bild 3-6a

Dieses Bild dient ausschließlich der Verdeutlichung der Abgrenzungen zwischen den verschiedenen Anlagenteilen, insbesondere zwischen:

- a) Verteilungsnetzen gemäß Abschnitt 3.1.3,
- b) Verteilungsleitungen gemäß Abschnitt 3.1.9 (zu denen nunmehr auch Hauptleitungen gemäß Abschnitt 3.1.10 gehören) sowie
- c) Endstromkreisen gemäß Abschnitt 3.1.11.3.

Ferner ist hier symbolisch dargestellt, dass der PEN-Leiter des Verteilungsnetzes nur in das elektrisch versorgte Objekt eingeführt wird und an der Verteilung mit dem Anschlusspunkt der Nullungsverbindung endet (während bisher ein PEN-Leiter auch weiter in die Anlage geführt werden durfte). Über eine Verbindung oder Trennung der Erdungsanlagen der einzelnen Objekte sagt das Bild nichts aus.

Zu Bild 3-6b

Wie im Bild 3-6b beispielhaft ersichtlich, kann auch ein **„betriebliches Verteilungsnetz“ als TN-C-System** ausgeführt werden (vorausgesetzt, es sind keine EMV-Probleme zu erwarten). Derartiges wäre beispielsweise in einem Betrieb mit mehreren Gebäuden denkbar, wobei die einzelnen Objekte mit einem Niederspannungs-Verteilungsnetz ähnlich dem eines öffentlichen Netzes versorgt werden.

In der Trafostation ist wegen des nach außen weiterführenden TN-C-Systems ein Verteiler mit PEN-Leiter vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass sowohl die Betriebserdung des Transformators als auch die Nullungsverbindung im unten dargestellten Objekt an das gleiche Erdungssystem (z. B. den Fundament-erder) angeschlossen sind. Obwohl dies aus EMV-Sicht nicht optimal ist, ist es bei kurzer Entfernung der beiden Anschlüsse vom neutralen Punkt des Systems zur Erdungsanlage tolerierbar. **Diese Ausführung ist sinngemäß auch anwendbar, wenn diese Trafostation für die öffentliche Versorgung weiterer Objekte genutzt wird.**

Die Frage der Verantwortlichkeit für die Erdungsanlage wird von diesem Bild nicht berührt. Sie ist bei Vorhandensein unterschiedlicher Anlagenbetreiber ebenso wie Zugangsmöglichkeiten und Instandhaltungspflichten in sachlich angemessener Weise vertraglich zu regeln.

Lassen sich zwischen dem im Bild 3-6b unten dargestellten Gebäudekomplex und dem im Bild 3-6b oben dargestellten Objekt Verbindungen über leitfähige Systeme, wie z. B. durch Rohrleitungen oder geschirmte Kabel der Informationstechnik, nicht vermeiden, so ist die elektromagnetische Verträglichkeit in diesem Bereich zu gewährleisten.

Zu Abschnitt 10.2.1.2 – Ausschaltbedingung für Verteilungsleitungen in Verbraucheranlagen und für Endstromkreise mit Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Nennstrom über 32 A

Hierzu wird auf die bereits mit der Fachinformation „Korrekturen zu ÖVE/ÖNORM E 8001-1“ vom 2010-07-01 erfolgte redaktionelle Korrektur verwiesen, wonach die Anwendung der Ausschaltstromfaktoren als Alternative zur Ermittlung der Ausschaltzeit gilt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Ausschaltstromfaktoren zum Teil verschärft wurden und auch für Hauptleitungen („Steigleitungen“) gemäß 3.1.9.1 zur Anwendung kommen, für welche bisher die Bedingungen für Verteilungsnetze angewendet werden durften.

Zu Abschnitt 10.2.1.3 – Ausschaltbedingung für Endstromkreise bis einschließlich 32 A Nennstrom

Hierzu wird auf die bereits mit der Fachinformation „Korrekturen zu ÖVE/ÖNORM E 8001-1“ von 2010-07-01 erfolgte redaktionelle Korrektur verwiesen, wonach die Anwendung der Ausschaltstromfaktoren als Alternative zur Ermittlung der Ausschaltzeit gilt.

Zu Abschnitt 10.2.2.3 – Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit eigener Stromquelle

Grundsätzlich gehört eine Stromquelle laut Definition für die Verbraucheranlage nicht zur Verbraucheranlage. Aus diesem Grund hat die Forderung, dass die Verbraucheranlage nur an einem Punkt geerdet werden darf, keine Bedeutung für eine allfällige Betriebserdung des Transformatorsternpunktes am Transformatorstandort. Diese Betrachtungsweise ist aus EMV-Gesichtspunkten zwar physikalisch nicht korrekt, ist aber aus schutztechnischen und abgrenzungstechnischen Gesichtspunkten zulässig. Bei besonders empfindlichen Einrichtungen ist jedoch zu überlegen, die Installation ab dem Transformator als TN-S-System gemäß Abschnitt 10.1.3 auszuführen und wirklich nur einen einzigen Erdungspunkt des Neutralleiters in der gesamten Anlage entweder beim Transformator oder in der Niederspannungshauptverteilung zu realisieren.

Dabei wird darauf aufmerksam gemacht, dass auch das Gehäuse einer Stromquelle angemessen in eine Schutzmaßnahme einbezogen werden muss. Angaben zur Schutzleiterdimensionierung finden sich in ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A5:2010. Für den Schutzerdungsleiter zum Gehäuse einer Stromquelle ist zu beachten, dass die Querschnitte gemäß Tabelle 21 in Abhängigkeit von der Abschaltzeit unter Umständen nicht ausreichen und daher nach Abschnitt 21.3.1.1 zu ermitteln sind.

Zu Abschnitt 10.2.2.4 – Erdungsbedingungen in Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen

Dieser aus IEC 60364-4-44 abgeleitete Abschnitt befasst sich mit Maßnahmen zur Verbesserung der

EMV durch Vermeidung von Ausgleichsströmen, welche in konventionell im TN-C-S-System ausgeführten Anlagen durch mehrere Erdungspunkte an den verschiedenen Stromquellen verursacht werden. Es wird darauf hingewiesen, dass noch weitere Maßnahmen zur Verbesserung der EMV für **informationstechnische Anlagen erforderlich sein können** (z. B. bestimmte Verlegetechniken und Abschirmmaßnahmen). Ein diesbezügliches CENELEC-Harmonisierungsdokument ist zwischenzeitlich erschienen. Dessen Umsetzung steht jedoch noch aus.

Gemäß Abschnitt 10.2.2.4.1 ist die Anlage **vorzugsweise** gemäß Bild 10-4 bzw. Bild 10-5 auszuführen. Diese Anforderung lässt daher Alternativen zu. Eine Alternative ist in Abschnitt 10.2.2.4.2 angeführt. In diesem Absatz wird beschrieben, dass die Speisung der Anlage auf mehrere einzelne Stromquellen oder mehrere Gruppen von Stromquellen mit jeweils einer zugehörigen Erdungsverbindung des Neutralleiters aufgeteilt werden kann. Eine Zusammenschaltung der Gruppen **soll** vermieden werden, ist jedoch nicht ausgeschlossen. Ein Verbot stellt diese Anforderung daher nicht dar.

Daraus ergeben sich unter Berücksichtigung der EMV weitere Möglichkeiten. Ein Patentrezept kann derzeit nicht gegeben werden. Es ist davon auszugehen, dass der international empfohlene Verzicht auf eine Mehrfacherdung des neutralen Punktes in Anlagen mit hoher Leistung doch zu einer deutlichen Reduzierung der Ströme auf den Schutzleitern und damit der elektromagnetischen Beeinflussungen führt. Andererseits scheint eine Forderung nach weniger sensiblen Betriebsmitteln der Informationstechnik, d. h. nach Betriebsmitteln, die für den Einsatz in rauer EMV-Umgebung geeignet sind, nicht unberechtigt zu sein. Weniger empfindliche Technologien für die Datenübertragung sind heute bereits verfügbar (siehe ÖVE/ÖNORM EN 61000-6-1 und ÖVE/ÖNORM EN 61000-6-2).

Folgende Alternativen sind denkbar:

a) Für Anlagen ohne empfindliche Informationstechnik oder mit ausreichend störfester Informations-

technik kann die bisherige Lösung eines TN-C-S-Systems ausgeführt werden. Im TN-C-Teil dieser Anlagen lassen sich die Stromquellen jeweils unmittelbar an den Sternpunkten erden und parallel schalten, wobei vor allem durch Schiefasten verursachte Ausgleichsströme über das Erdungs- und Potenzialausgleichssystem in Kauf genommen werden.

b) Es werden – auch im Hinblick auf die zu beherrschende Kurzschlussleistung – mehrere kleinere Stationen mit jeweils nur einer Stromquelle gemäß Abschnitt 10.2.2.4.2 errichtet, welche jeweils nur die ihnen zugeordneten Verbraucherstromkreise versorgen und nicht parallel betrieben werden. Eine Umschaltung zwischen den Stationsbereichen erfolgt ausschließlich vierpolig und mit kurzer Unterbrechung.

Kommt die vorzugsweise Ausführung entsprechend Abschnitt 10.2.2.4.1 zur Anwendung, so wird auf nachstehende Details hingewiesen, die bereits bei der Planung der baulichen und elektrischen Anlagen zu berücksichtigen sind:

- **Bei der Konzeption der Gebäude ist darauf zu achten, dass alle (auch nur kurzzeitig) parallel zu betreibenden Stromquellen möglichst nahe beieinander und möglichst nahe bei der Hauptverteilung angeordnet werden. Dies gilt auch für Ersatzstromanlagen.**
- Der Kessel der einspeisenden Transformatoren ist durch eine Schutzmaßnahme mit automatischer Abschaltung ordnungsgemäß zu schützen. Dazu ist ein entsprechender Primärschutz mit kurzer Ausschaltzeit erforderlich, der notfalls über Leistungsschalter realisiert werden muss. Erfolgt der Primärschutz durch HH-Sicherungen, so muss gewährleistet sein, dass diese so rasch ausschalten, dass der ausgewählte Schutzerdungsleiter zum Trafokessel nicht überlastet wird. Dabei ist im Falle einer Schaltung gemäß Bild 10-5 der komplexe Widerstand der Fehler Schleife vom Trafokessel über den Schutzerdungsleiter, die Schutzleiterschiene und den SVL zurück zum Sternpunkt zu berücksichtigen. Die Regel, dass der halbe Querschnitt eines Außenleiters für

den Schutzerdungsleiter jedenfalls ausreicht, gilt in diesem speziellen Fall nicht. **Auch der induktive Widerstand der Fehlerschleife ist jedenfalls zu berücksichtigen.**

- Das Gehäuse eines Generators muss geschützt und der zu diesem führende Schutzleiter ausreichend dimensioniert sein. Dazu kann es notwendig sein, einen vierpoligen Generatorschalter zu verwenden, der vom Generatorschutz unverzögert ausgelöst wird. Durch einen hierfür geeigneten Schaltkontakt im SVL wird dabei der Fehlerstromkreis vom Generatorgehäuse über den Schutzerdungsleiter, die Schutzleiterschleife und den SVL zurück zum Sternpunkt rasch unterbrochen, wodurch eine geeignete Dimensionierung des Schutzerdungsleiters möglich wird. Auch in diesem speziellen Fall gilt die Regel **nicht**, dass der halbe Querschnitt eines Au-

ßenleiters für den Schutzerdungsleiter jedenfalls ausreicht. Auch der induktive Widerstand der Fehlerschleife bei einem Fehler der Stromquelle zu deren Gehäuse ist zu berücksichtigen.

- Die Ausschaltbedingungen gemäß den Abschnitten 10.2.1.2 bis 10.2.1.4 sind für jeden vorhersehbaren Betriebszustand, auch bei Betrieb der Ersatzstromanlage(n), sicher zu stellen.
- Durch eine geeignete Auswahl von Schienen und Kabeln sowie deren induktionsarmer Verlegeanordnung sind induzierte Ströme auf den Schutzerdungs- und Schutzpotenzialausgleichsleitern zu minimieren.

Ergänzend wird auf die Europanormen ÖVE/ÖNORM EN 50310 und ÖVE/ÖNORM EN 50174 hingewiesen.