

# Erdung und Potentialausgleich im Rechenzentrum

**NORMEN UND VORSCHRIFTEN** Rund um das Thema Erdung und Potentialausgleich gibt es zahlreiche relevante Normen, was immer wieder zu Unsicherheiten bei deren Anwendung führen kann. Doch hat man die Zusammenhänge einmal verstanden, lässt sich selbst für ein Netz eines Rechenzentrums ein sicheres und normkonformes Erdungssystem nahtlos integrieren.



## AUF EINEN BLICK

**NORMEN** Die EN 50310 bzw. ISO/IEC 30129 ist der Ausgangspunkt, um ein Verständnis für die Erdung in einem Rechenzentrum zu erlangen

**ABGESTIMMTES VORGEHEN** Im nächsten Schritt müssen die Anforderungen an Erdung und Potentialausgleich hinsichtlich Installationsregeln, Blitzschutz und Netzdesign koordiniert werden

**HÖHERES SCHUTZNIVEAU** Sowohl Überspannungsschutzgeräte als auch verschiedene aktive Überwachungssysteme können Erdungssysteme unterstützen

Das Internationale Elektrotechnische Komitee (IEC) hat in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verschiedene Erdungssysteme standardisiert und eine gemeinsame Terminologie geschaffen. Internationale Installationsregeln wurden 2005 in der Reihe IEC 60364 verabschiedet. Die EU hat diese Normen übernommen und sie in der Serie HD 60364 EU-weit harmonisiert. Obwohl es in Europa noch nationale Varianten der Serie HD 60364 gibt, sind die zugrundeliegenden Prinzipien nicht in Frage gestellt und einheitlich.

## Vorherrschend: 5-Leiternetz mit TN-S-System

In Rechenzentren ist die TN-S-Variante, am weitesten verbreitet und für ihren Zweck am besten geeignet. Dabei ist ein Punkt in der Stromversorgung geerdet, in der Regel der Neutraleiter des Transformators. Die freiliegenden leitfähigen Teile der Anlage sind durch einen Schutzleiter PE mit demselben Punkt verbunden, aber vom Neutraleiter getrennt. In einem dreiphasigen TN-S-System sind deshalb fünf Leiter notwendig: die drei Außenleiter L1,

**Bild 1:** Über das Blitzschutz-Potentialausgleichssystem hinaus schützen Schutzerdungssystem und Telekommunikations-Gitterausgleichsnetz Personen und Ausstattung vor Stromspitzen

L2 und L3, der Neutraleiter N und der Schutzleiter PE.

Die primären Stromverteilungseinheiten werden an der Haupterdungsschiene angeschlossen. Das soll in erster Linie Mensch und Tier vor einem Stromschlag und in zweiter Linie vor einer Unterbrechung der Stromversorgung schützen. Darüber hinaus ist die Erdung ein wesentlicher Bestandteil des Blitzschutzes. Einrichtungen wie die Beleuchtung sowie Datennetze, die auf einer strukturierten Verkabelung beruhen, lassen sich in das Erdungsnetz der Stromversorgung integrieren. Doch auch die Datennetze mit strukturierter Verkabelung erfordern dafür einen darauf abgestimmten und gut geplanten Aufbau (**Bild 1**).

Die für die Erdung relevanten Normen haben ihren Ursprung in verschiedenen Bereichen.



Quelle: Legrand Datacenter Solutions

## Anlagenerdung gemäß IEC 60364

Die internationale IEC 60364 bildet die Grundlage für die meisten Installationsregeln der Welt. In Europa findet man die HD 60364 zum Beispiel implementiert über die französische Norm NF C 15-100, den britischen Standard BS 7671, die deutsche DIN VDE 0100, die belgische AREI/RGIE sowie die niederländische NEN 1010.

Diese Norm legt fest, wie die Erdung bei Niederspannungsanlagen auszuführen ist. Bei der Wahl der Art der Anlagenerdung spielen die Kosten des Leiters (und meist auch seiner Kupferkomponenten) oft eine entscheidende Rolle. Am häufigsten wählen Planer Systeme mit kombinierten Funktionen für den Neutraleiter, die Außenleiter oder den PE-Leiter. Bei

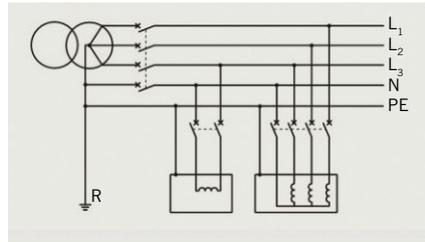
der Wahl des Erdungssystems sind außerdem viele Faktoren zu berücksichtigen, die zum Beispiel mit unterschiedlichen Boden- und Untergrundverhältnissen zu tun haben.

Wird das Schutzerdungssystem der Elektroinstallation eines Rechenzentrums kombiniert mit dem Potentialausgleich des Datennetzes, so muss das Erdungssystem ein TN-S-System sein. Hier ist der Neutraleiter von der Schutzterde getrennt (**Bild 2a**). Wird die Erdung des Datennetzes mit integriert, werden die Neutralströme nicht beeinflusst, wie das zum Beispiel bei einem TN-C-System der Fall wäre. Denn da wird der Schutzleiter mit dem Neutraleiter zu einem PEN-Leiter kombiniert (**Bild 2b**). Wenn aber die Last in einem dreiphasigen System nicht gleichmäßig über die verschiedenen Außenleiter verteilt ist, führt dies zu einer unsymmetrischen Belastung. Ist zum Beispiel eine Verteilerschiene Teil dieses Systems mit PEN-Leiter, kann der resultierende Neutraleiterstrom Störungen im Erdungssystem verursachen. Kombiniert man dieses Erdungssystem mit dem Datennetz-Erdungssystem, kann es zu unvorhergesehenem Verhalten im Datennetz kommen. Wenn aufgrund eines Isolationsfehlers ein leitendes Teil mit dem Erdungssystem verbunden und unter Spannung gesetzt wird, kommt es zu einem Kurzschlussstrom. Ist dieser hoch genug, schaltet die Schutzeinrichtung die Versorgung ab. Der Trennschalter oder die Sicherung lösen aus. Kurzschluss und Funktion der Schutzgeräte führen zu einer schnellen Änderung des Stroms im Hin- und Rückleiter und induzieren damit ein elektromagnetisches Feld. Deshalb ist es am besten, diesen Pfad so weit wie möglich von den datenführenden Geräten und Pfaden zu isolieren. Das vermeidet hohe Potentialunterschiede im Datenkanal.

Die Schutzterdung muss immer den örtlichen Installationsregeln entsprechen, kann aber in vielfältiger Weise umgesetzt werden. In einem Rechenzentrum ist die einfache Einhaltung der lokalen Norm und die Umsetzung des kostengünstigsten Designs nicht die beste Art, das Erdungssystem zu gestalten. IEC 60364-1 (IEC, 2005) Abschnitt 312.2 »Arten der Anlagenerdung« gibt einen Überblick über die verschiedenen Erdungssysteme.

### IEC 60364-4-41 (IEC, 2017-2018): Personenschutz

Der Schutz von Personen vor elektrischem Schlag stellt umfangreiche Anforderungen



**Bild 2a:** Beim TN-S-Erdungssystem ist der Neutraleiter von der Schutzterde getrennt

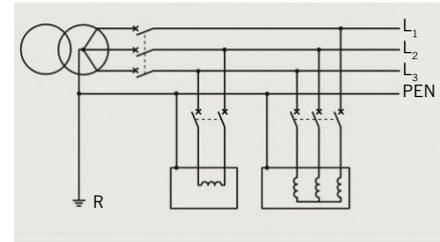
an die Eigenschaften des Erdungssystems. In Abschnitt 411.3.1 »Schutzerdung und Schutzpotentialausgleich« sind die allgemeinen Erdungs- und Ausgleichsanforderungen für die Installation definiert, in Abschnitt 411.4 wird dies für TN-Systeme weiter ausgeführt. Die maximale Leitungsimpedanz ist hier ein wichtiger Parameter.

### IEC 60364-5-54: Erdungseinrichtungen und Schutzleiter

Die IEC 60364-5-54 »Erdungseinrichtungen und Schutzleiter« stellt umfangreiche Anforderungen an die im Erdungssystem verwendeten Leiter, zeigt die Anordnung des Systems auf, beschreibt normkonforme Erder und Haupterdungsklemmen und gibt Mindestquerschnitte für Schutzleiter vor.

### IEC 61439: Niederspannungsschaltgerätekombinationen

Die Normenreihe IEC 61439 bezieht sich auf Schaltanlagen. Das betrifft zum Beispiel 19"-Schränke zur Stromverteilung im Rechenzentrum mit integrierten Kupferschienen. Darunter fallen jedoch keine 19"-Schränke für IT-Geräte, die über Rack-PDUs mit geterdetem Netzkabel versorgt werden.



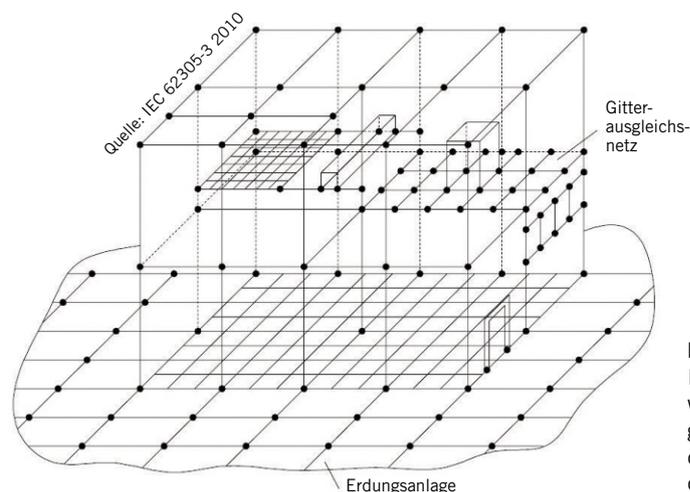
**Bild 2b:** Beim TN-C-Erdungssystem ist der Schutzleiter mit dem Neutraleiter zu einem PEN-Leiter kombiniert

Die IEC 61439-1 (IEC, 2011) »Allgemeine Regeln« deckt das Thema Erdung ab. Im Abschnitt 8.4.3.2.2 heißt es, wenn an Geräten Spannungen auftreten, die über den Grenzen der Kleinspannung liegen, benötigen diese an Deckeln, Türen oder Abdeckplatten zusätzliche Maßnahmen, um die Kontinuität der Erdung zu gewährleisten. Unter Kleinspannung versteht man nach IEC 61140 (IEC, 2016) 50V AC oder 120V DC.

Bei Werten darüber kann eine Erdung notwendig sein und entweder über leitfähige konstruktive Bauteile wie Scharniere oder mit einem angebrachten Schutzleiter erfolgen (Querschnitt 10mm<sup>2</sup>). Werden Konstruktionselemente des Schrankes, wie der Rahmen, für die Bereitstellung des Fehlerstrompfades verwendet, sind diese Elemente für den auftretenden maximalen Fehlerstrom mit zu bemessen.

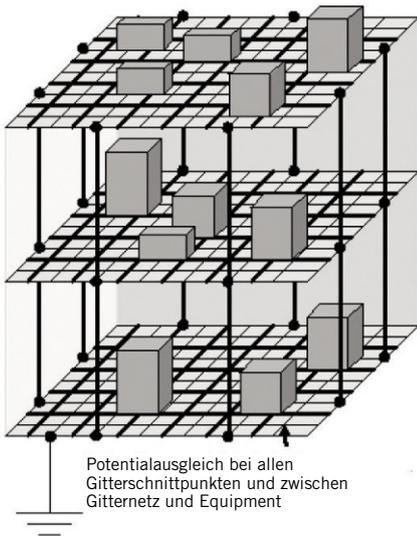
### IEC 62305 bzw. EN 62305: Blitzschutz

Die Normenreihen IEC 62305 und EN 62305 sind identisch und werden in vielen Ländern verwendet, haben aber in manchen eine andere Bezeichnung. In Deutschland ist der erste Teil der Norm als VDE 0185-305-1 (VDE, 2011) und in Frankreich als C17-100-



**Bild 3:** Beispiel aus IEC 62305-3 2010, wie sich ein Gitterausgleichsnetz mit der Erdungsanlage verbinden lässt

Quelle: EN 50310 (Cenelec, 2016)



**Bild 4:** Ein Gitterausgleichsnetz (Mesh-BN) verbindet die ausgestatteten Schränke und Racks, um so einen gemeinsamen Potentialausgleich zu erreichen

1PR (AFNOR, 2017) bekannt, in Großbritannien und den Niederlanden wird wie in vielen anderen Ländern die IEC-Nummerierung verwendet. Für eine fundierte Analyse sind Teil 1 »Allgemeine Grundsätze« (IEC, 2012) und Teil 2 »Risikomanagement« (IEC, 2010) relevant. Besonders interessant für Rechenzentren ist Teil 4 »Elektrische und elektronische Systeme innerhalb von Strukturen«. In Abschnitt 5 wird das Erdungs- und Verbindungssystem diskutiert und die Anforderungen an eine geeignete Konstruktion dargelegt (Bild 5). Für einen vollständigen Überblick ist Teil 3 »Physikalische Schäden an Bauwer-

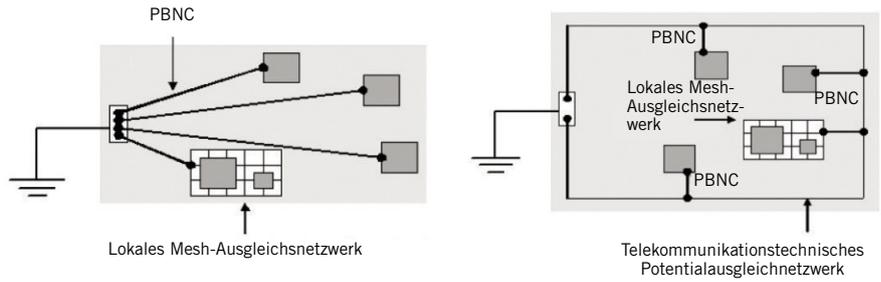
**ERDUNGSPRINZIPIEN NACH IEC 60364**

In der IEC 60364 sind drei Erdungssysteme für elektrische Anlagen festgelegt:

- TN (franz.: Terra neutre): alle berührbaren Körper sind mit einem geerdeten Sternpunkt verbunden
- TT (Terra terré): alle aktiven Komponenten sind an einem Punkt direkt mit der Erde verbunden
- IT (Terra isolé): alle aktiven Komponenten sind gegen Erde isoliert

Die nachgestellten Buchstaben geben an, wie Neutral- und Schutzleiter im Netz angeordnet sind:

- S (franz.: séparé): Neutralleiter und Schutzleiter sind separat geführt.
- C (combiné): Neutralleiter und Schutzleiter sind zum PEN-Leiter zusammengefasst.
- C-S: Neutralleiter und Schutzleiter sind in einem Teil des Netzes zu einem Leiter zusammengefasst



**Bild 5:** Bei Mesh-IBN-Infrastrukturen verbinden Schutzpotentialausgleichsleiter (PBNC) die lokalen Erdungsanlagen sternförmig oder über einen Potentialausgleichsringleiter mit der Haupterdungsschiene

Quelle: EN 50310 (Cenelec, 2016)

ken und Lebensgefahr« (IEC, 2010) zu berücksichtigen. Es wird eine Erdungsvorrichtung vom Typ B mit einer Ring- oder gleichwertigen Struktur empfohlen.

**Telekommunikationstechnische Potentialausgleichsanlagen**

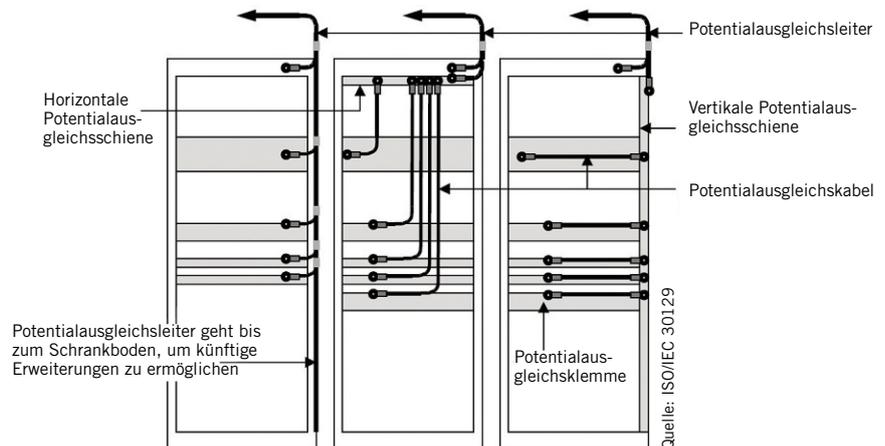
Auch EN 50310 und ISO/IEC 30129 sind nahezu identisch und stellen die aktuellen Erkenntnisse über das Vorgehen in einem Rechenzentrum dar. Sie sind jeweils Teil der EN 50600, EN 50173 und EN 50174 sowie der Reihe ISO/IEC 11801. Eine dieser Normen ist unbedingt bei der Planung eines Erdungsnetzes in einem Rechenzentrum zu berücksichtigen. Sie beginnen mit der Auswahl des passenden telekommunikationstechnischen Potentialausgleichssystems. Daraufhin wird der Einfluss der gewählten Potentialausgleichsanlage auf die Zusammenschaltung von Telekommunikationsgeräten bewertet. Für die Auswahl des Erdungsnetzes muss ein Zonierungskonzept für das Rechenzentrum erstellt werden. Die Wahl hängt von der Art des im Rechenzentrum verwendeten Netzwerks ab.

**Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren**

Der Standard EN 50600 bzw. ISO/IEC 22237 entwickelt sich zum wichtigsten europäischen und globalen Standard für Rechenzentren. Der Anhang A von Teil 1 »Allgemeine Konzepte« erläutert, dass die Umsetzung des Maschenverbindungskonzepts, wie es in EN 50310 (ISO/IEC 30129), der EN 50174-2 und der IEC 62305 behandelt wird, von entscheidender Bedeutung ist, um elektromagnetische Störungen als Teil des EMV-Konzepts zu minimieren.

**Potentialausgleich im Rechenzentrum**

EN 50310 bzw. ISO/IEC 30129 sind die wichtigsten Richtlinien bei der Auswahl des geeigneten Erdungsnetzes. Entscheidend ist dabei das verwendete Verkabelungsmedium. Würde die gesamte Datenkommunikation innerhalb des Rechenzentrums ausschließlich über ein Glasfasernetz erfolgen, würden die Anforderungen an die Erdung nur über das Schutznetz geregelt. Doch das kommt in der



**Bild 6:** Drei Beispiele aus der ISO/IEC 30129, wie der Potentialausgleich in einem Schrank hergestellt werden kann

Quelle: ISO/IEC 30129

Praxis kaum vor. Deshalb müssen Planer die in dieser Norm festgelegten Grundsätze befolgen, um ein zuverlässiges und vorhersagbares Erdungsnetz zu schaffen. Um hier die richtigen Entscheidungen treffen zu können, ist es notwendig, die vorherrschenden physikalischen Prinzipien zu verstehen. Wenn das Kupfernetzwerk niedrige Frequenzen transportiert und dazu symmetrische ungeschirmte Kabel verwendet, beeinflusst das Potentialausgleichsnetz die Kommunikationsverbindungen. Da die Frequenzen der strukturierten Verkabelung von 100MHz für die Kategorie 5 auf derzeit 2000MHz für eine Verkabelung der Kategorie 8 angehoben wurden, erhöhten sich auch die Anforderungen an die Schirmung.

Soll ein strukturiertes Kupferverkabelungsnetz für 10Gbit/s und 40Gbit/s ausgelegt sein, ist dies nur mit geschirmten Kabeln möglich. Diese Kabel benötigen einen Potentialausgleich und müssen geerdet werden. Befolgt der Planer die Methoden der oben genannten Normen, erfordert dies ein Gitterausgleichsnetz (auf englisch: Mesh Bonded Network, **Bild 3**).

**QUELLEN**

EN 50310 Telecommunications bonding networks for buildings and other structures. Delft: NEN

IEC 60364-1 Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 62305-2 Edition 2.0 2010-12 Protection against lightning – Risk management. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 62305-3 2010 Protection against lightning - physical damages to structures and life hazard. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 62305-4 ED2.0 2010 Protection against lightning – Electrical and electronic systems within structures. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 61439-1 Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 62305-1 Edition 2.0 2010-12 Protection against lightning – General principles. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 60950-1 Ed 2.2 2013-05 Information

Technology Equipment – Safety – General Requirements. Delft, Netherlands: NEN

EC 61140 Ed4 2016 Protection against electric shock – Common aspects for installations and equipment. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

IEC 60364-4-41 Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock + AC1/2018. La Plaine Saint-Denis, France: Afnor

ISO/IEC 30129 ED1 Information technology – Telecommunications bonding networks for buildings and other structures. Geneva, Switzerland: IEC Central Office

ITU-T K.27 Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building, Series K: Protection against Interference. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union

Power Guide Book 07 Protection against lightning effects. Limoges, France: Legrand

DIN EN 62305-1 VDE 0185-305-1:2011-10. Berlin: DIN

**Mehr Zeit fürs Wesentliche**

Mit der flexiblen Handwerkersoftware für den Elektrobetrieb

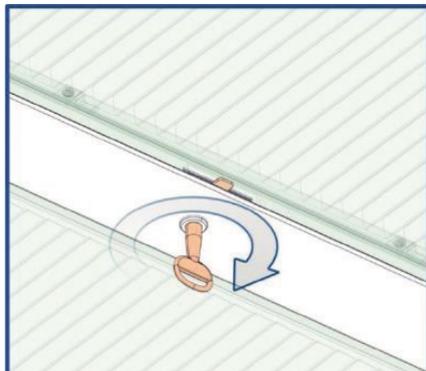
**MOSER®**  
KAUFMÄNNISCHE SOFTWARE FÜR DAS HANDWERK

Jetzt kostenlos und individuell beraten lassen!  
Weitere Infos unter: [www.moser.de](http://www.moser.de) | 02405 4711



Quelle: Legrand Datacenter Solutions

**Bild 7:** EN 50310 und ISO/IEC 30129 fordern, dass alle installierten Geräte, die metallische Teile enthalten, nach den Anweisungen des Herstellers mit Potentialausgleichsklemmen mit einem Mindestquerschnitt von 4 mm<sup>2</sup> an das telekommunikationstechnische Potentialausgleichsnetz angeschlossen werden



Quelle: Legrand Datacenter Solutions

**Bild 8:** Potentialausgleich bei Einhausungen

Generell unterscheidet man drei Arten von Ausgleichsnetzwerken:

- Mesh-Bondnetzwerk (Mesh-BN) – ein Gitterausgleichsnetz mit einem feinen Labyrinth aus Bonddrähten (**Bild 4**)
- Mesh Isolated Bonding Network (Mesh-IBN) – Nur ein Punkt des Gitterausgleichsnetzes ist mit der Erde verbunden (**Bild 5**)
- Stern-IBN – ein sternförmiges Potentialausgleichsnetz, das an einem Punkt mit der Erde verbunden ist

Letztendlich ist es wichtig zu verstehen, dass alle Erdungsnetze miteinander verbunden sind: Schutzerdungssystem, Telekommunikations-Gitterausgleichsnetz und Blitzschutz-Potentialausgleichssystem.

Die Koordination der Konstruktion dieser verschiedenen ineinandergreifenden Erdungssysteme ist entscheidend für eine gut vorgeformte Infrastruktur und ein kostengünstiges Ergebnis.

## IEC 60950-1: Einrichtungen der Informationstechnik

Die Normen IEC 60950-1 »Einrichtungen der Informationstechnik – Sicherheit - allgemeine Anforderungen« oder die äquivalenten Nor-

men EN 60950-1 (IEC, 2013) bzw. CSA/UL 60950 sind alle für Infrastrukturkomponenten von Rechenzentren nicht anwendbar. Das gilt auch für Schränke, wenn sie als 19“-Server- oder -Netzwerkschränke eingesetzt werden. Diese Norm wird zwar oft in der Spezifikation von 19“-Schränken erwähnt. Doch ein leerer Schrank ohne Geräte kann nicht konform dazu sein.

## Erdung und Potentialausgleich bei Schränken

Die Erdungseinrichtungen für 19“-Schränke werden hauptsächlich über die EN 50310 bzw. ISO/IEC 30129 geregelt (**Bild 6**). Diese Norm fordert in 7.4.2 Telekommunikationsverbindungen im Potentialausgleichssystem: »Potentialausgleichsanschlussklemmen sowie die Befestigungen und Verfahren, die zu ihrer Verbindung mit einem leitenden Element zum Zwecke des Potentialausgleichs verwendet werden, müssen so ausgelegt sein, dass ein Gleichstrom-Kontaktwiderstand von  $\leq 0,1 \text{ m}\Omega$  erreicht und aufrechterhalten wird.« Die Steckflächen aller Potentialausgleichskomponenten müssen aus einem Material bestehen, das ein elektrochemisches Potential von  $\leq 300 \text{ mV}$  (in Anlehnung an EN 60950-1) zur Verfügung stellt, besagt Punkt A.3.1 für zusätzliche Anforderungen und Informationen.

## EN 50310 und ISO/IEC 30129: Schränke, Rahmen und Gestelle

Jeder Schrank, jeder Rahmen und jedes Rack muss einen Anschlusspunkt haben, an dem der Potentialausgleichsleiter angeschlossen werden kann (**Bild 7**). Dabei sind Mindestquerschnittsflächen gemäß HD 60364-5-54 vorgeschrieben. Das sind 4 mm<sup>2</sup> bei Schränken, Rahmen oder Gestellen bis 21 Höheneinheiten (HE) und 16 mm<sup>2</sup> bei über 21 HE.

Die Norm fordert, dass alle installierten Geräte, die metallische Teile enthalten, nach den Anweisungen des Herstellers mit Potentialausgleichsklemmen mit einem Mindestquerschnitt von 4 mm<sup>2</sup> an das telekommunikationstechnische Potentialausgleichsnetz angeschlossen werden.

Demnach muss dies auch für Türen und die integrierten Paneele geschehen. Die Leiter müssen gut sichtbar sein und sich schnell verbinden lassen, um das Lösen und Wiederbefestigen zu erleichtern. Aluminiumrahmen, wie sie beispielsweise in Schränken von Legrand Datacenter Solutions verwendet werden, sind

geschweißt und teilweise verschraubt. Diese Schraubverbindungen sind leitfähig und entsprechen den Anforderungen dieser Norm. Wenn der Schrank nicht werksseitig montiert ist, müssen diese Komponenten entsprechend der Anleitung montiert werden. Besonders wichtig ist es, dass die geforderten Drehmomentwerte eingehalten werden.

Ein Gitterausgleichsnetz ist im Rechenzentrum erfahrungsgemäß die leistungsfähigste Variante. Dabei sollten alle größeren metallischen Teile innerhalb des Rechenzentrums damit verbunden sein. Das gilt auch für Einhausungen. So bieten alle leitfähigen Komponenten der Einhausungssysteme von Legrand Datacenter Solutions Vorkehrungen, um sie in ein solches Netzwerk einzubinden (**Bild 8**).

## Irreführende Farbkodierung

Die Potentialausgleichsleiter in 19“-Schränken sind sehr oft gelb-grün. Da diese Farbe für die Verwendung als Schutzleiter vorgesehen ist, kann dies zu Verwechslungen führen. Wird der Schrank als »Leistungsschalt- und Steuergerät« genutzt und hat gelb-grüne Potentialausgleichsleiter, sollte der für die Platzierung der Geräte im Schrank verantwortliche Installateur die Anforderungen an die Strombelastbarkeit der installierten Geräte überprüfen und sicherstellen, dass die Anforderungen gemäß den Installationsregeln bzw. der IEC 61439 erfüllt werden. Ansonsten ist es besser, die Leiter mit transparentem Mantel oder ohne Isolierung zu verwenden.

## IEC 60445, Ausgabe 6.0 2017

Ein Schutzleiter wird in den meisten Fällen ein geerdeter Schutzpotentialausgleichsleiter sein. Es ist meist nicht notwendig, sie explizit als PBE (Protective Bonding conductor Earthed) zu bezeichnen. Nur wenn tatsächlich geerdete und ungeerdete Schutzleiter verwendet werden, etwa in elektromedizinischen Anlagen, sind die eindeutigen Bezeichnungen PBE und PBU (Protective Bonding conductor Unearthed) zu verwenden.

## AUTOR

**Niek van der Pas**  
Legrand Datacenter Solutions  
in Eindhoven (NL)

Mitglied u.a. in den Normungsgremien  
ISO/IEC JTC 1/SC39, EN 50600 sowie  
IEC TC 48/SC 48D