

Erfahrungen mit verPENnten Installationen

Peter Gabler

Planer, Errichter und Betreiber von Elektroanlagen sollten TN-C-S-Systemen grundsätzlich nicht mehr einsetzen. Ein vorhandener PEN-Leiter oder ein falscher Potentialausgleich können fatale Folgen nach sich ziehen. An Beispielen für vernetzte Kommunikationssysteme und Rohrleitungen weist dieser Beitrag die Forderung nach einem konsequent ausgeführtem TN-S-System nach.

Versäumnisse bei der Planung und Ausführung der »ganz normalen« Elektroinstallation zeigen heute immer häufiger ihre drastischen und oft rätselhaft anmutenden Auswirkungen. Die Ursache bilden in diesen Fällen häufig unterschiedlich hohe, niederfrequente Ströme auf allen Leitern, die in einem Gebäude im Schutzleiter- und Potentialausgleichssystem miteinander verbunden sind.

Immer wieder übermitteln stressgeplagte EDV-Endanwender dieselben Fehlerbeschreibungen, die beispielsweise folgenden Wortlaut haben:

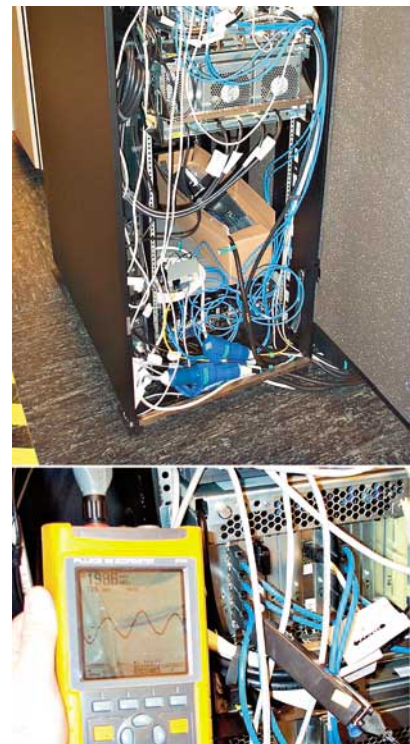
- Das EDV-Datennetz erreicht den theoretisch möglichen Datendurchsatz nicht
 - Die Belastung im EDV-Datennetz schwankt sehr stark, ohne erkennbare Ursache
 - Das Fehlerprotokoll eines Rechnersystems meldet Speicherfehler, auch nach Austausch der entsprechenden Speicherriegel
 - Im Cache-Speicher eines Rechnersystems ändern sich Statusbits, die den Zugriff auf Festplattensysteme (RAID-Systeme) verweigern
 - Das Fehlerprotokoll eines Rechnersystems meldet defekte Festplatten; die Platten sind nach einer eingehenden Prüfung nur »logisch defekt«, physikalisch aber in Ordnung. Nach einer Formatierung funktionieren sie wieder
 - Die Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern im Netz ist zeitweilig nicht möglich
 - Bildschirme flimmern
 - Eine USV-Anlage schaltet unmotiviert auf »Bypass«
 - Die Regelung einer Klimaanlage ist nicht in den Griff zu bekommen usw.
- Mehrfache Reparaturversuche der EDV-Endanwender brachten keine Verbesserung der Situation, da sie die eigentliche Ursache der Fehler nicht erkannten.

Normen fordern fremdspannungsarmen Potentialausgleich

Die Analysen zur Erstellung von Gutachten zeigten, dass in vielen Fällen das Fehlen eines »fremdspannungsarmen Potentialausgleichs« die Ursache der vorgenannten Störungen war. So fließen sowohl in »gewachsenen Strukturen« als auch in neu errichteten Niederspannungsin- stallationen Ströme auf Schutzleiter- und Potentialausgleichssystemen von über 100 A_{eff}.

Quelle: Gabler

Es gibt einen kausalen Fehlerzusammenhang zwischen den Systemen »Kommunikation« und »Netzform«. Auf diesen verweist schon die VDE 0800 Teil 2 von 1985 (siehe S. 13, Punkt 9.2.2 und Punkt 6). Den nächsten



Quelle: Gabler

Bild 2: Fast 1 A_{Spitze-Spitze} auf einem einzigen Datenkabel in einem Rechnersystem

deutlichen Hinweis gab im November 1991 die VDE 0100 Teil 540, Anhang C2.

Fehler in elektronischen Systemen durch Teilströme in Schutz- und Potentialausgleichsleitern

Der erste »gedankliche Fehler« entsteht bereits an der Energiequelle. In vielen Gebäuden sind der Transformator und die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) in der Regel nicht weit voneinander entfernt. Beide Einrichtungen stehen hier auf demselben Fundament. Der Sternpunkt des Transformators ist am Betriebserder R_B und in der NSHV über die PEN-Verbindung zwischen N- und PE-Schiene geerdet. Dieselbe Baustahlmatte und der Fundamenterder verbinden beide Erder miteinander.

Bereits an dieser Stelle prägen parallele Pfade hohe Betriebsströme in das gesamte Schutzleiter-, Bezugsleiter- und Potentialausgleichssystem ein, die Störquelle elektronischer Systeme werden können.

Fehlerbeispiel 1

In einem Gebäude ist die Netzform TN-S nach dem in Bild 1 aufgezeigten Mus-

Peter Gabler, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an elektronischen Systemen durch Überspannung, Stuttgart

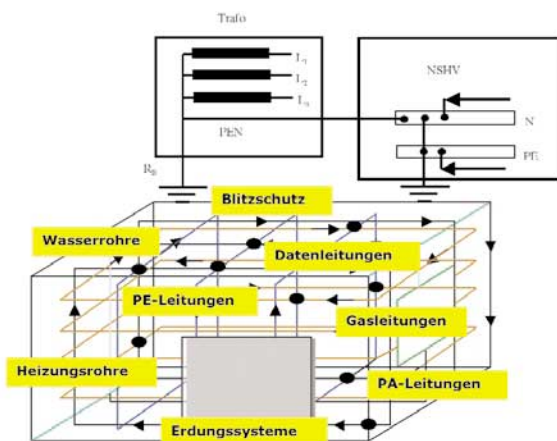


Bild 1: Beispiel einer Stromverteilung in einem Gebäude auf seinen Rohrleitungs-, Erdungs- und Potentialausgleichssystemen; diese Ströme fließen bereits, sobald ein betriebsstromführender PEN-Leiter zweimal geerdet ist



Quelle: Gabler

Bild 3: Auf jedem geschirmten Datenkabel in diesem Plattenschrank flossen 100 ... 300 mA_{eff} und bis zu 1,5 A_{Spitze-Spitze}

ter aufgebaut. Es gibt noch einige »gewachsene« PEN-Verbindungen in Endstromkreisen. Es kam zu Fehlern an einem Festplattensubsystem (Bilder 2 und 3). Hierbei stellte der Betreiber fest, dass der Potentialausgleichsleiter (PAL) am Rahmen des Systems fehlte. Er veranlasste die Nachrüstung eines PAL mit einem Querschnitt von 35 mm². Doch dieser verbesserte die Situation nicht.

Das System hatte bereits mehrere Verbindungen über den Schutzleiter (PE) der Stromversorgung und geschirmten Datenkabeln zum PA-System. Es flossen bereits in dieser Situation Ströme von 0,3 A_{eff} bis 0,8 A_{eff} auf Datenkabeln und auf Kabeln zwischen Festplattencontroller und Festplatten.

Mit dem Anschluss des PAL von 35 mm² – ein im Vergleich zu den anderen Leitern großer Querschnitt – wurde aufgrund der niederohmigen Verbindung von PA-Schiene zum Rahmen des Rechners noch mehr »Strom« in das Gehäuse abgezweigt. Somit verstärkten

sich die Fehler trotz oder sogar wegen des PAL noch erheblich.

Fehlerbeispiel 2

Zu einer Tankstellenausstattung gehören heute eine Vielzahl vernetzter elektronischer Systeme, z.B. Rechner, Drucker, Touchscreens, Modems, Telefonanlage, Scheckkartenleser oder die Satellitenkommunikation für Preisveränderungen einzelner Artikel. Andererseits existieren große Energieverbraucher, z.B. Backöfen, Waschanlagen, Zapfsäulen, Kühlaggregate, Kaffeemaschinen.

Eine solche Tankstelle war über einen üblichen Hausanschlusskasten (HAK) an das öffentliche Stromversorgungsnetz



Quelle: Gabler

Bild 4: Potentialausgleichsschiene PAS - Fehlerstrom von 4 A effektiv

angeschlossen. Im Datennetz traten über einen Zeitraum von zwei Jahren immer wieder sporadische Fehler auf, sodass teilweise kein Zahlungsverkehr stattfand: Die Kassen ließen sich nicht öffnen und an den Touchscreens war keine Eingabe möglich. Die Kunden konnten ihre Rechnung nicht begleichen und standen vor verschlossenen Kassen. Die Preise einzelner Warengruppen ließen sich nicht via Satellitenkommunikation anpassen, weil die Kommunikation zwischen Satelliten- und Rechnersystem nicht funktionierte.

Über einen Zeitraum von zwei Jahren ließ der Tankstellenbetreiber nach den Fehlern suchen. Dabei tauschten die Harwarelieferanten alle Kassenrechner, Touchscreens, Barcodeleser, Drucker, Satelliten-Elektronik und einzelne Komponenten aus – z. T. sogar mehrfach. Weiterhin suchten Programmierer nach evtl. Fehlern in der Anwendungssoftware. Vor Ort trafen sich die Lieferanten der Hardware und der Elektroanlagenerrichter. Jeder Beteiligte wies für seine Seite nach, alle Aufgabe korrekt erledigt zu haben. Niemand berücksichtigte dabei jedoch ganzheitlich das Zusammenspiel zwischen elektronischen Komponenten und Erdungssystem.

Die Kosten dieser ergebnislosen Fehlersuche betragen laut Betreiber 90000,-€.

Die Untersuchung eines Sachverständigen ergab, dass der vom Verteilernetzbetreiber (VNB) ankommende Sternpunktleiter des Trafos zwischen HAK und NSHV über die Messeinrichtung ge-

führt wurde. Soweit war diese Installation auch in Ordnung. Die weiteren Abgänge nach der NSHV waren komplett in 5-Leiter-Technik ausgeführt. Der N-Leiter war in der gesamten Installation getrennt vom PE-Leiter.

Der Fehler befand sich zwischen dem HAK und der NSHV. Der Anlagenerrichter verband den vom VNB im HAK ankommenden Sternpunktleiter mit der Potentialausgleichsschiene PAS. Den PEN-Leiter führte er über den Zähler zur NSHV. Dort teilte er ihn in N- und PE-Leiter auf. Den von der Zählerinrichtung in der NSHV ankommenden PEN-Leiter legte der Anlagenerrichter nochmals auf die PAS auf. Zwischen diesen beiden PA-Anschlüssen legte er alle anderen PAL auf, die über die verschiedenen Systeme zusätzlich zum Schutzleiter PE führten. Dadurch ergaben sich Schleifen, die teilweise hohe Ströme führten, so auch in den Datenleitungen und dem koaxialen Antennenkabel der Satellitenempfangsanlage. Immer wenn – rein zufällig – gleichzeitig viele große Verbraucher an- und ausgeschaltet wurden, flossen über die PAS zeitweise bis zu $4 A_{\text{eff}}$ und $17 A_{\text{Spitze-Spitze}}$ über das gesamte PE-/PA-System zur speisenden Quelle zurück (Bild 4).

Der Betreiber ließ das PA-System für ca. 2000 € umstellen. Der den Betriebsstrom führende Leiter wurde nur einmal, d. h. nach der Aufteilung in N und PE geerdet. Seit neun Monaten traten keine Fehler an der Anlage mehr auf.

Rohrsysteme korrodieren

Wie im Bild 1 dargestellt, sind u. a. alle Rohrleitungssysteme in den PA eingebunden. Dieser verbindet (soweit vorhanden):

- Sprinkleranlagen,
- Heizungsanlagen und Kältemaschinen,
- Wasser-, Gas- sowie Pressluftleitungen usw.

Die Wasserrohre der Sprinkleranlagen haben im zentralen Bereich häufig große Querschnitte. Damit sind diese wiederum niederohmig gegenüber PE- und PA-Leitern kleineren Querschnitts.

Fehlerbeispiel 1

In einem Baumarkt traten wiederholt erhebliche Wasserschäden an einer Sprinkleranlage auf. Die Errichterfirma schnitt aus dem betroffenen Rohr immer wieder ein Stück heraus und schweißte ein neues ein (Bild 5). Nach ca. sechs Monaten wies das Rohr an fast derselben Stelle wiederum eine schlitzförmige Öffnung



Quelle: Gabler

Bild 5: Rohr einer Sprinkleranlage mit einem 10 cm langen Schlitz

von ca. 10 cm Länge auf, aus dem dann Wasser mit hohem Druck und mit der Unterstützung der Pumpen austrat.

Die Untersuchung des Sachverständigen ergab, dass über dieses Rohr zeitweise bis zu $21 A_{\text{eff}}$ flossen. Nach der Umstellung des im Gebäude vorhandenen TN-C-S- gegen ein konsequent aufgebautes TN-S-System flossen keine Ströme mehr durch dieses Sprinklerrohr. Ebenso trat hiernach keine Korrosion oder Leckage mehr auf.

Fehlerbeispiel 2

Selbst Gasleitungen sind nicht vor Strömen geschützt, wenn Betriebsströme ein PA-System belasten. In einer Gasleitung maß ein Sachverständiger über $4 A_{\text{eff}}$ und $16 A_{\text{Spitze-Spitze}}$ (Bild 6).

Fehlerbeispiel 3

Bei einer Untersuchung in einem Mehrfamilienhaus wurde gemeldet, dass im Trinkwasser ein ca. 60fach überhöhter Anteil an Nickel gemessen worden sei. Ein Arzt hatte dies in seiner Praxis zufällig festgestellt.

Ein hinzugezogener Chemiker, der bereits viele Proben gezogen und analysiert hatte, wusste zunächst nicht, wie dieser Effekt zustande kommen konnte.

Als dann beim gemeinsamen Ortstermin mittels einer Stromzange Ströme bis zu $3 A_{\text{eff}}$ auf den Rohrleitungen aus V4A-Stahl gemessen werden konnten, stellte er seine Untersuchungen bis zur Beseitigung dieser Ströme ein.

PE- und PA-Leiter betriebsstromfrei halten

Dies waren einige Beispiele aus der Praxis. Sie zeigen, dass ein PE- oder PA-Leiter, durch den Betriebsströme fließen, viele Fehler an vernetzten Elektroniksystemen hervorruft. Teilströme durch leitfähige Gebäudeteile führen zu Korrosionserscheinungen und sogar zur Trinkwasserbelastung.

Vernetzte Elektroniksysteme stellen zunehmend den Anspruch eines unbelasteten Schutz- und Potentialausgleichs-



Quelle: Gabler

Bild 6: Über diese Gasleitung flossen über $4 A_{\text{eff}}$ und $16 A_{\text{Spitze-Spitze}}$

leiters. Vielfach wird der Zusammenhang der logischen Störungen bis hin zu physikalischen Zerstörungen von Elektronikkomponenten nicht oder erst sehr spät erkannt. Dabei sollte es im Prinzip als Grundvoraussetzung betrachtet werden, dass Anlagenerrichter ein »sauberes« 5-Leiter-Netz in einem Gebäude installieren. Selbst in Strukturen, die über Jahre gewachsen sind, d. h. die mehrere Firmen immer wieder umbauten und modernisierten, muss ein »fremdspannungsarmer Potentialausgleich« eingerichtet werden. Ein Betreiber hat nichts davon, neueste Technologien in einem »belasteten Umfeld« einzusetzen, die er nicht sicher und störungsfrei betreiben kann.

Natürlich gibt es diverse andere Methoden elektronische Systeme partiell zu schützen. Die zunehmende Zahl elektronischer Systeme in einem Gebäude verlangt jedoch nach einem sauberen PE- und PA-System. Die gesamte Situation verschärft sich auch dadurch, dass immer mehr nichtlineare Lasten (NLL) PE- und PA-Leiter zusätzlich belasten.

Die sichere Führung der Ströme in einer Niederspannungsinstallation in den dafür vorgesehenen Leitern L1, L2, L3 und N ist eine wesentliche Voraussetzung für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) innerhalb eines Gebäudes. Die VDE 0800 Teil 174-2 bietet EMV-Informationen, die über den Bereich der Kommunikationseinrichtungen hinausgehen. Hier gibt es viele interessante Hinweise auch für Elektrofachkräfte aus dem Bereich Niederspannungsanlagen.

Fazit

Die Erfahrung zeigt: Vernetzte Elektroniksysteme, installiert in Gebäuden mit sauber aufgebautem TN-S-System weisen keine oder nur geringe Schäden oder Beeinträchtigungen im täglichen Betrieb auf. Deshalb ist der Nachweis eines unbelasteten Schutz- und Potentialausgleichsleiter PA empfehlenswert. Erst dann sollte das Gewerk abgenommen werden. ■