

# Typische EMV-Einflüsse auf elektronische Systeme

## 1 Einführung – Auswirkungen

Zu den Einflüssen von schlechten EMV-Verhältnissen (Elektromagnetische Verträglichkeit) wurde bereits viel geschrieben.

Aus Sicht des Autors ist es besonders wichtig, die physikalischen Zusammenhänge um die EMV-Thematik zu verstehen. Das ist besser, als Normen „herunterbeten“ zu können, dann aber in der Umsetzung trotzdem Fehler zu machen. Es wird offenbar immer wieder vergessen, Installationen nach Fertigstellung unter EMV-Aspekten, also z.B. Arbeitsströmen auf dem PE/PA-System, zu prüfen.

Dieser Artikel zeigt anhand praktischer Beispiele, was alles passieren kann und welche Schwierigkeiten bestehen können, die Ursachen zu ermitteln.

Die Beispiele wurden soweit anonymisiert, dass eine entsprechende Wiedergabe aus Sicht des SV möglich und vertretbar ist.

## 2 Typische Beispiele

### 2.1 Funktionsstörungen in einem LAN

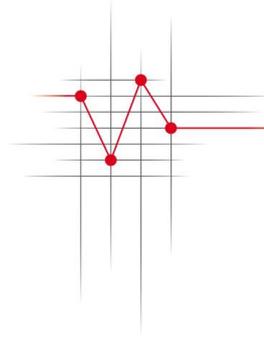
Bei einem mittelständischen Unternehmen war räumliche und damit auch IT-mäßig im Laufe der Jahre ständig erweitert und umgebaut worden. Die elektrotechnischen Komponenten waren weitgehend neu errichtet worden. Es kam immer wieder zu massiven Störungen im Betrieb des LAN.

Beim ersten Ortstermin konnte ein gewachsenes elektrotechnisches Chaos festgestellt werden. Es gab zwei Hauseinspeisungen aus unterschiedlichen Netzabschnitten des Verteilnetzbetreibers und auch kein durchgängiges Fünfleiter-System. Eine durchgängige TN-S-Struktur war also nicht gegeben, neue Abschnitte wurden teilweise falsch errichtet und mit unverändertem Alt-Bestand verbunden.



vagabundierende Ströme überall

Bild 1



auch im Heizungssystem

**Bild 2**



in der Hauptverteilung - ~ 3A

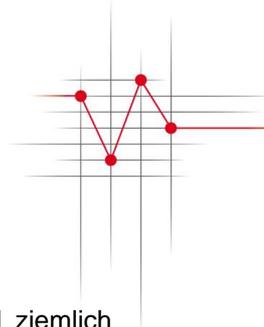
**Bild 3**



~ 12 A an der zweiten Einspeisung

**Bild 4**

Bei diesem Zustand hilft nur eines: AUFRÄUMEN !



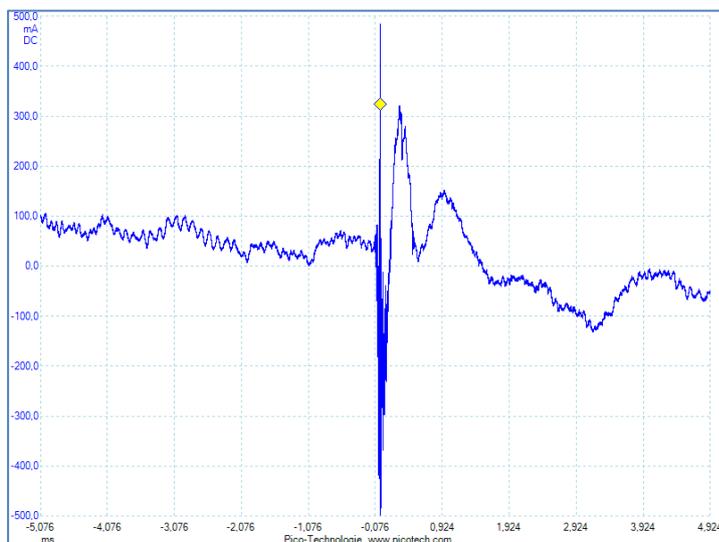
Weitere Messungen sind in diesem Zustand der elektrotechnischen Infrastruktur erst einmal ziemlich unsinnig, da sich die Störeffekte überlagern. Dass das LAN bei diesen Randbedingungen nicht stabil funktioniert ist völlig klar.

In den Monaten nach dem ersten Ortstermin wurde kräftig umgebaut, die Fehler ausgemerzt.

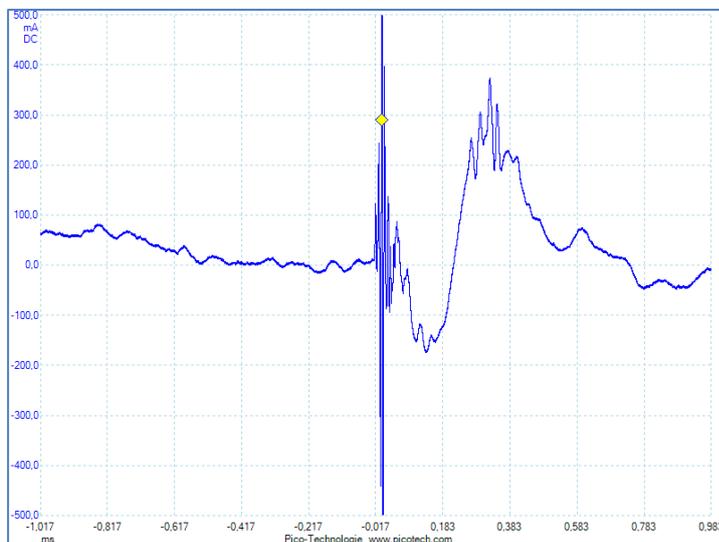
Trotzdem verzweifelte der Administrator immer noch, ein Netzwerk-Switch stürzte häufig ab. Dann war ein Abschnitt des aus mehreren mit LWL-verbundenen LAN-Inseln einige Zeit nicht ansprechbar.

Die ersten Messungen im zweiten Ortstermin mit der Stromzange ergaben durchaus gute Werte, die Ströme auf dem PE/PA-System waren auf sehr geringe Werte zurückgegangen. Nun konnten mit Scope und Strommesszange genaue Messungen durchgeführt werden.

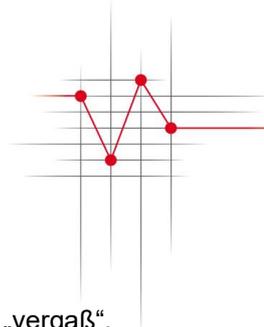
Es wurde festgestellt, dass auf einem beidseitig geerdeten CAT7-Kabel, welches vom Serverschrank im Erdgeschoss zu einem IT-Schrank im Obergeschoss geschaltet war „nur“ um die Signale des PMX-Anschlusses zur hier installierten Telefonanlage übertragen, massive Spikes zu messen waren.



**Bild 5**



**Bild 6**



Durch diese Spikes konnte es offenbar dazu kommen, dass der Switch seine Adresstabellen „vergaß“. Damit war der hier angeschlossene LAN-Bereich einige Zeit nicht betriebsbereit.

Die Ursache der Spikes war nicht zu ermitteln. Das LAN-Kabel war das einzige, welches verschiedene IT-Inseln galvanisch verband. Die Schirmung wurde an einer Seite entfernt, die Störeinkopplungen eliminiert und der Switch arbeitet seitdem stabil.

**Merke: Ein TN-S-System ist eine Grundvoraussetzung für einen guten EMV-Status. Durch gewachsene Infrastrukturen kann es trotzdem zu Einkopplungen z.B. durch Schleifenbildung kommen, die nicht immer nachvollziehbar sind. Diese Störungen sind oft impulsförmig und damit nicht per Strommesszange zu ermitteln.**

## 2.2 Störungen in einem Gebäude mit LON-Bus

In einem neu errichteten Bürogebäude wurde eine Beleuchtungssteuerung mit Präsenzmeldern mit LON-Bus-Anschluss realisiert.

In der dunkeln Jahreszeit wunderte man sich beim Vorbeigehen, wie viele Mitarbeiter offenbar spät abends und nachts dort arbeiteten.

Doch dieser „Arbeitseifer“ entpuppte sich schließlich als falscher Status. Die Präsenzmelder erkannten falsche Zustände.

Erste Messungen mit Stromzangen ergaben schlechte Werte, starke Ströme auf dem PE/PA-System.

Dies war beispielsweise in einer Hauptverteilung zu messen. Die Ströme über die Außenleiter entsprachen nicht denjenigen auf dem Rückleiter, aber auch der PE-Strom passte nicht zusammen.

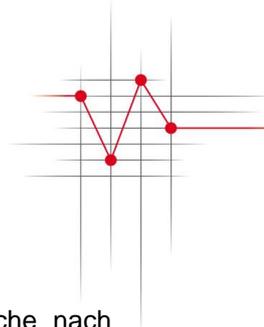


Bild 7

5,4 A auf Außenleitern und N-Leiter nicht ausgeglichen (blaue Kurve), 2,9 A auf PE-Leiter (rote Kurve)

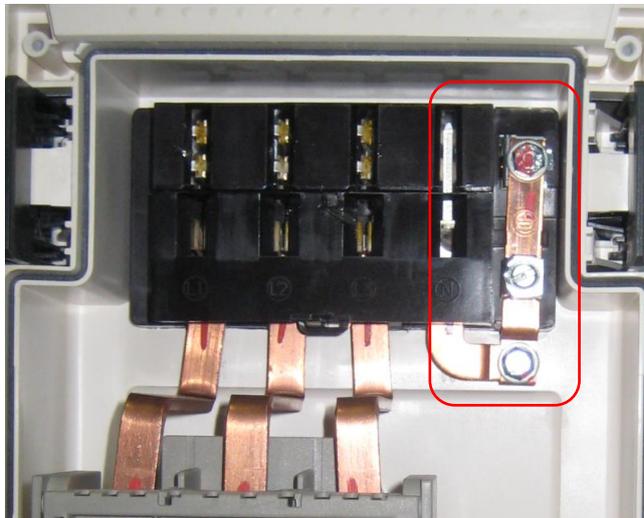
Die zu den Verbrauchern fließenden Ströme gelangen also über andere Wege zum Trafo zurück (geschlossener Stromkreis). Das geht nur mit PE-N-Brücken, die außer am zentralen Erdungspunkt im Objekt noch unerlaubter Weise vorhanden sein MÜSSEN (TN-S-System).

Im Gebäude ist ein aufwändiges Stromschienensystem installiert.



Auffallend war die Markierung an den Ankoppeleinheiten zum Stromschienensystem, welche nach Typenschild eine PE-N-Brücke (hier im TN-S-System nicht statthaft) aufweisen sollen. Da sich in einem leicht zugänglichen Raum eine nicht beschaltete Ankoppeleinheit befand, konnte diese ohne Rückwirkungen geöffnet werden.

Eine PE-N-Brücke war hier tatsächlich vorhanden!



PE-N-Brücke

Bild 8

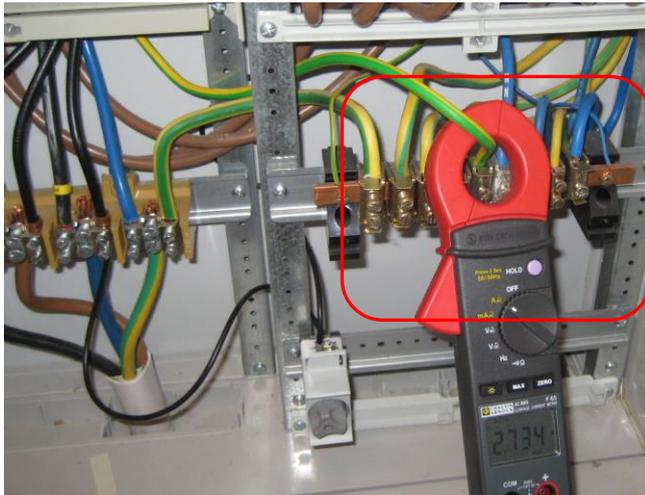
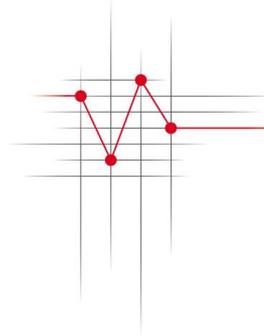
Nachdem diese Brücken auch an den anderen Reserve-Einheiten entfernt worden waren, arbeitet keiner mehr spät abends und nachts!

**Merke: Ein TN-S-System muss nicht nur entsprechend „aussehen“, sondern auch gemessen werden. Der Strom auf den Außenleitern muss dem auf dem Rückleiter entsprechen, der PE-Leiter muss frei von Arbeitsströmen sein.**

## 2.3 Störungen im Betrieb einer Telefonanlage

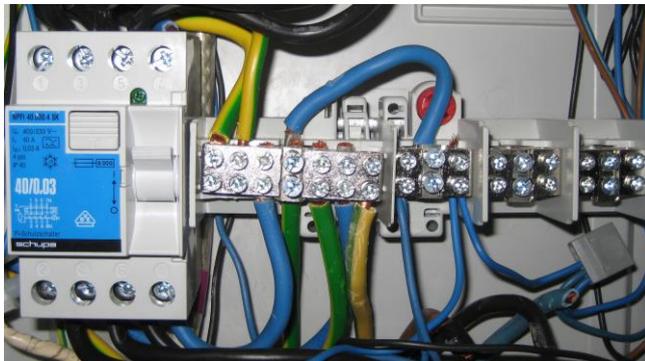
In einem Altenheim kam es zu regelmäßigen Störungen der TK-Infrastruktur, insbesondere bei den DECT-Basisstationen.

In einem Ortstermin wurde die elektrotechnische Infrastruktur untersucht. Wie so oft waren hier in diversen Bauabschnitten verschiedene Ausführungsvarianten umgesetzt worden.



Vierleiter-Struktur

Bild 9



bunter Mix ..., aber freie Klemmen

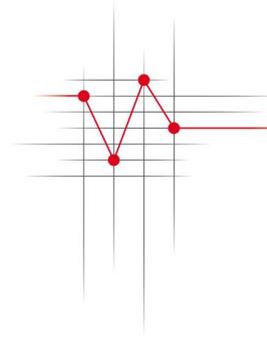
Bild 10

Es gab also – wie so oft vorzufinden - keinen Grund, die Installation in einer TN-S-Struktur zu realisieren.



PE-Ströme überall!

Bild 11



~ 3 A an Erdungsschiene

Bild 12



~ 3 A auf Wasserrohr

Bild 13

Auf eine weitere Wiedergabe der verschiedenen Messungen vagabundierender Ströme zwischen 2 und 12 A wird verzichtet. Der Status war eine EMV-Katastrophe!

**Merke: Unter schlechten EMV-Bedingungen und mit den typischen Näherungen von Starkstrom- und Telefonkabeln sind Funktionsstörungen bei Telekommunikations-Endgeräten praktisch die Regel, wie die SV-Praxis immer wieder zeigt.**

Hier hilft nur konsequentes Aufräumen und Umsetzen eines TN-S-Systems.

## 2.4 Störungen im Betrieb und Defekte an IT-Infrastruktur

Eine umfangreiche Multimedia-Installation funktionierte nicht stabil, das Elektronunternehmen vermutete vagabundierende Ströme.

Im Gebäude war aber ab Hauptverteilung eine durchgängige TN-S-Struktur vorhanden, auch ergab die Messung mit einer Strommesszange keine Ergebnisse, die die dauerhaften Störungen und Ausfälle erklären könnten.

In einer ersten Messung – man weiß ja noch nicht, wo man etwas messen kann – wurde um ein Bündel Netzkabel gemessen.

Nach einigen Minuten war folgender Burst zu messen:

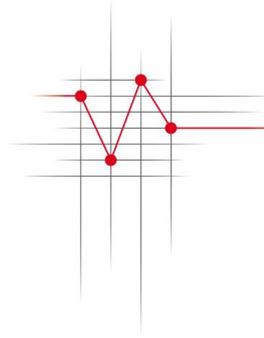


Bild 14

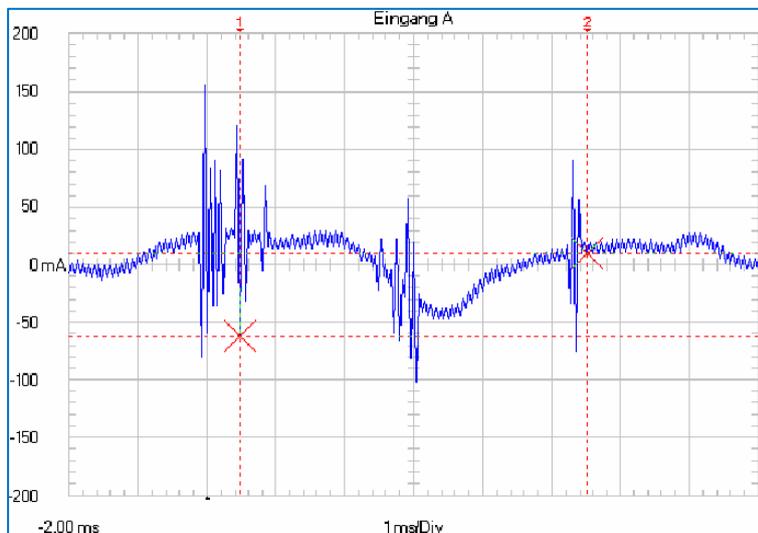


Bild 15

Sofort danach wurde eine Störung in der IT-Infrastruktur gemeldet.

Nach rund einer Viertelstunde der nächste Burst, wieder eine Störung.

Als Verursache konnte nach einem umfangreichen Ausschlussverfahren ein Leistungsschutz lokalisiert werden, welches beim Schaltvorgang einen so starken Lichtbogen auslöste, dass sich das HF-Signal über das Erdungssystem verbreitete.

Durch eine leider noch oft vorzufindende doppelte Erdung an Trafo-Sternpunkt und ZEP – zentralem Erdungspunkt – war eine Koppelschleife vorhanden, die das Einkoppeln der Signale in das Gebäude ermöglichte.

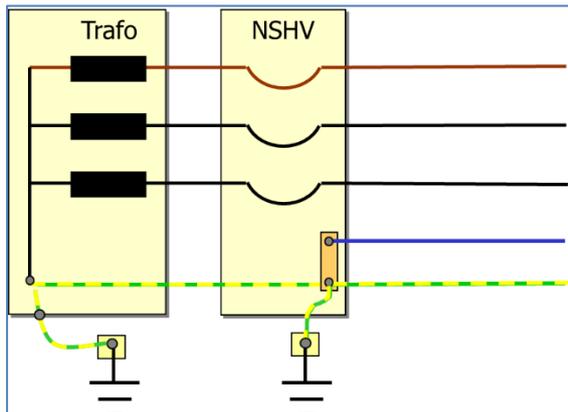
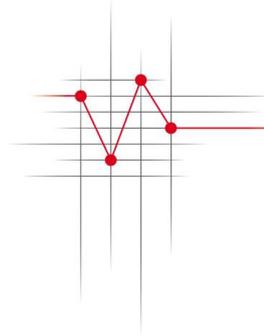


Bild 16

Da man auf das Leistungsschutz nicht verzichten konnte, entfernte man auf Anraten des SV die Koppelschleife (1/2 Stunde Arbeit an einem Samstag-Morgen) und die Störungen traten nicht mehr auf!

**Merke: Die Umsetzung einer TN-S-Struktur muss konsequent ab der Einspeisung erfolgen. Koppelschleifen sind tückisch und werden nicht immer sofort erkannt.**

## 2.5 LON-Bus in einem Hotel-Neubau

In einem Hotel-Neubau kam es zu dauernden Problemen mit LON-Bus-Modulen.

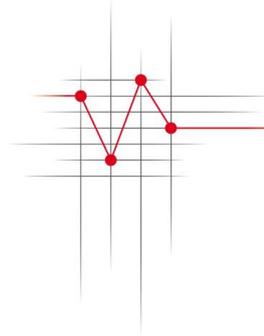
Entweder verloren diese ihre Applikations-Programmierung, manchmal auch die Firmware, teilweise waren die Module sogar nach kurzer Betriebszeit defekt.

Die erste Messung an der PE-N-Brücke am zentralen Erdungspunkt ergab rund 160A! Das PE/PA-System war massiv mit Arbeitsströmen beaufschlagt.



auf PE-N-Brücke – 168A

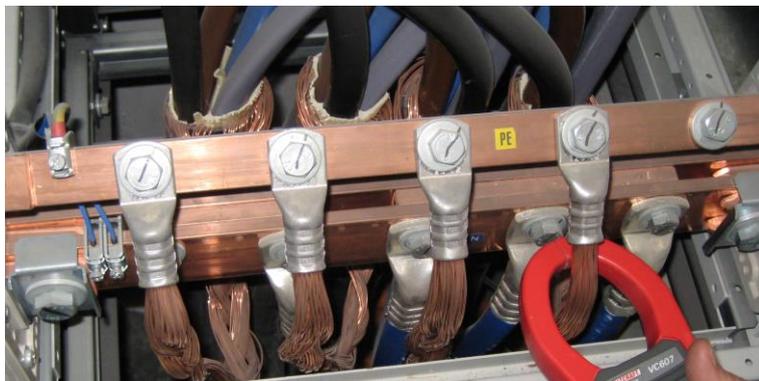
Bild 17



auf PE-Schiene

**Bild 18**

Den ersten Fehler erkannte man schon beim zweiten Hinsehen, die Flechtschirme der Abgänge (PE) kontaktierten die N-Leiter-Schiene.



Fehler schon „korrigiert“

**Bild 19**

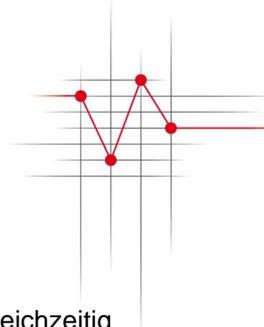
Aber auch nach provisorischer Behebung dieses Problems waren die Stromflussverhältnisse völlig nebulös. Außenleiter- und Rückleiterströme waren meistens nicht zueinander stimmig, aber auf die PE-Ströme „passten“ nicht. Es gab in dem Objekt noch sehr viele Fehler, die nicht einfach zu lokalisieren waren.

**Merke: Eine Sichtprüfung allein ist nicht geeignet, ein TN-S-System abzunehmen. Die Folgen sind dann unüberschaubar.**

## 2.6 Defekt an einer Telefonanlage

An einem Montagmorgen kam es zu einem Defekt an einer Telefonanlage. Die Ursache war zunächst völlig unklar.

Die Standard-EMV-Messung ergab ein durchgängiges TN-C-System, das bekannterweise immer zu Problemen führt.



In diesem Fall waren – wegen der niedrigen Raumtemperatur – zwei Konvektoren gleichzeitig eingeschaltet worden.

Der Einschaltstromstoß floss nun auch über das PE-System, die Telefonanlage verfügte über einen PE-Anschluss, damit ist die Verteilung des Impulses über das Netzteil (Ableitkondensatoren) klar und der Defekt nachvollziehbar.

**Merke: die Folgen einer TN-C-Struktur sind nicht vorhersehbar. Impulse auf dem PE-System auf Grund von Arbeitsströmen verursachen auch Defekte.**

## 2.7 Schaden an einer externen Festplatte

Eine externe Festplatte hatte beim Anschließen an einen Rechner einen Funken verursacht, die Festplatte war defekt.

Die Fragen an die Anruferin wurden fast schon hellseherisch interpretiert:

Sie wohnen in einem Altbau? Ja. Rechner und Festplatte sind an unterschiedlichen Steckdosenleisten angeschlossen? Ja!

Bei der Laboruntersuchung der Einheit wurde festgestellt, dass eine galvanische Trennung nicht vorhanden war. DC-Minus und der PE-Anschluss waren durchverbunden. Durch den Anschluss von Rechner und Festplatte an unterschiedlichen Steckdosenleisten haben sich Potenzialunterschiede über die Abschirmung ausgeglichen.

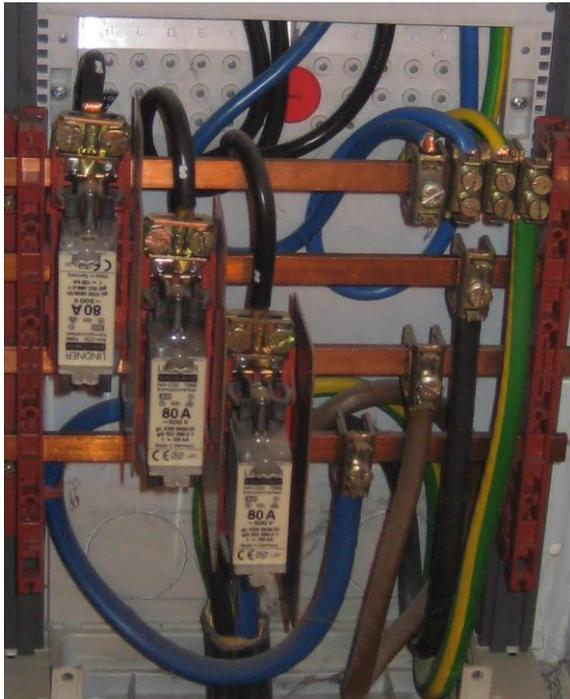
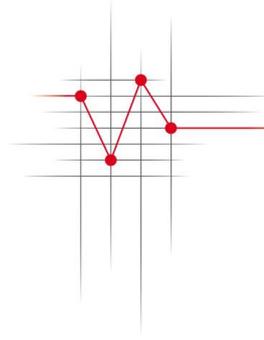


Lichtbogenspur an USB-Stecker

Bild 20

## 2.8 Schäden an Kassensystem

Ein Kassensystem in einem Restaurant hatte permanent Störungen und Ausfälle. Der Servicetechniker war ratlos, die Besitzerin gefrustet.



TN-C-Struktur in Altbau

Bild 21

Es handelte sich um eine ältere Elektro-Infrastruktur in einem Altbau. PE-Ströme sind hier die Regel.



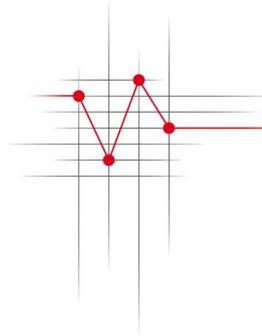
rund 2A an einem PE-Leiter

Bild 22



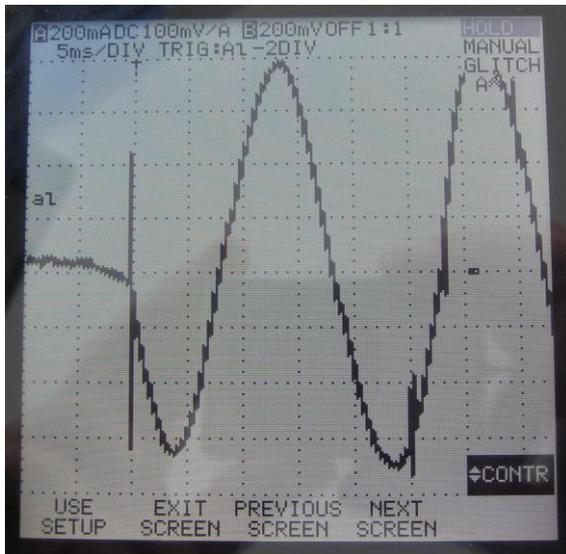
überall PE-N-Brücken

Bild 23



Die Ursache der Störungen und Defekte war eigentlich ganz einfach.

Der Bondrucker in der Küche und die Kasse selbst waren an unterschiedlichen Stromkreisen angeschlossen. Da eine TN-C-Struktur zumindest teilweise vorlag, konnten sich die Potenzialunterschiede über das Datenkabel ausgleichen. Da hier eine potenzialbehaftete serielle Schnittstelle (RS232) vorlag, waren die Schnittstellenbausteine in logischer Konsequenz regelmäßig defekt.



Strom auf RS232-Datenkabel

Bild 24

## 2.9 Schäden und Fehlfunktionen an Brandmeldeeinrichtungen

Nach einem Gewitter war die IT-Infrastruktur in einem Hotel defekt. Im Ortstermin ging es eigentlich nur darum, den Schaden zu untersuchen und zu bewerten.

Bei strahlendem Sonnenschein wurde plötzlich in der durchlüfteten Tiefgarage Vergiftungsgefahr gemeldet. Auf Nachfrage erklärte der Haustechniker, dass auch regelmäßig die Feuerwehr angerückt käme, da eine Brandmeldung ausgelöst würde, ohne dass hierfür eine Ursache erkennbar sei. Die BMZ würde „spinnen“.

Eine Messung an der PE-Zuleitung der BMZ ergab einen Wert von rund 1,6 A!

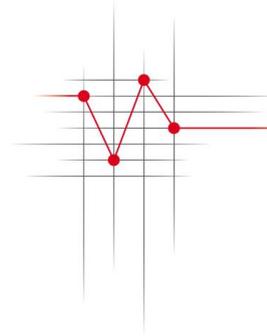
Weitere Untersuchungen ergaben, dass das gesamte (neue) Gebäude bis zu den Unterverteilungen in TN-C-Struktur erreicht war.

Mit diesen Randbedingungen funktioniert eine Brandmelde-Anlage oft nicht dauerhaft stabil.

Die Schäden an der IT-Infrastruktur nach dem Gewitter wären mit einer TN-S-Struktur der elektrotechnischen Infrastruktur ab Einspeisung sicher deutlich geringer gewesen.

An einer anderen BMZ im Verwaltungsgebäude von Stadtwerken im Ruhrgebiet ergab sich eine ähnliche Situation. Der Errichter gab an, dass die Anlage nur funktioniere, wenn man den PE-Anschluss nicht beschalte!

Auch in diesem Objekt, welches mehrere Gebäude mit datentechnischen Verbindungen untereinander umfasst, waren überall vagabundierende Ströme auf dem PE/PA-System zu messen. Eine zweifache Einspeisung war nicht EMV-gerecht ausgeführt.



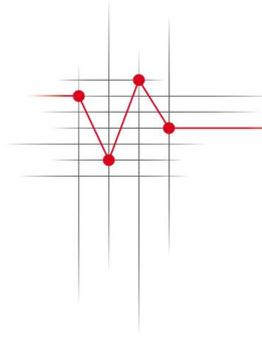
Sogar an den Ableitern des externen Blitzschutzes konnte dies gemessen werden:



knapp 0,5A

Bild 25

**Merke: Auch Brandmelde-Zentralen sind bezüglich EMV-Störbeeinflussungen durchaus sensibel.**



### 3 Ungewöhnliche Schäden

#### 3.1 Heizungsanlage in einem Mehrfamilienhaus

In einem Mehrfamilienhaus kam es 8 Monate nach Erstbezug zu einem umfangreichen Wasserschaden. Die Heizungsrohre im Haus (kein Keller, Verlauf in Schächten in der Bodenplatte) waren voller Löcher, aus denen das Wasser der Fernwärmeversorgung herauslief. Auch war starke Korrosion erkennbar.



Meine erste Vermutung war: Elektrokorrosion. Mit der Strommesszange waren überall Ströme auf dem PE/PA-System zu messen.



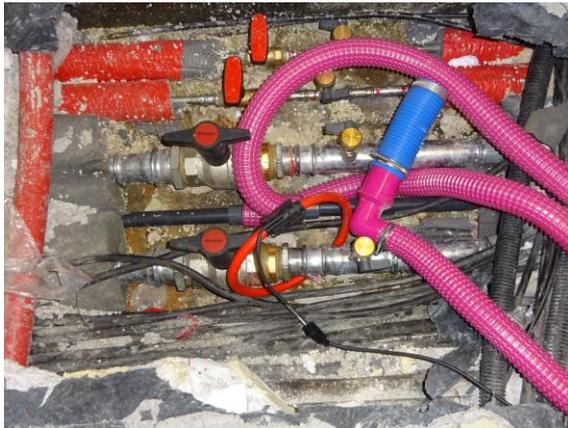
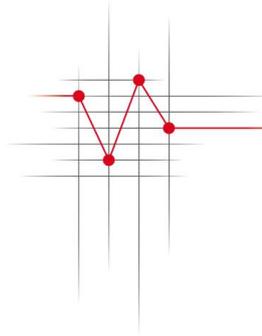
~0,4A am Erdungsanschluss des Fernwärme-Rohrs



~ 0,8A am Erdungsanschluss der Frischwasserleitung

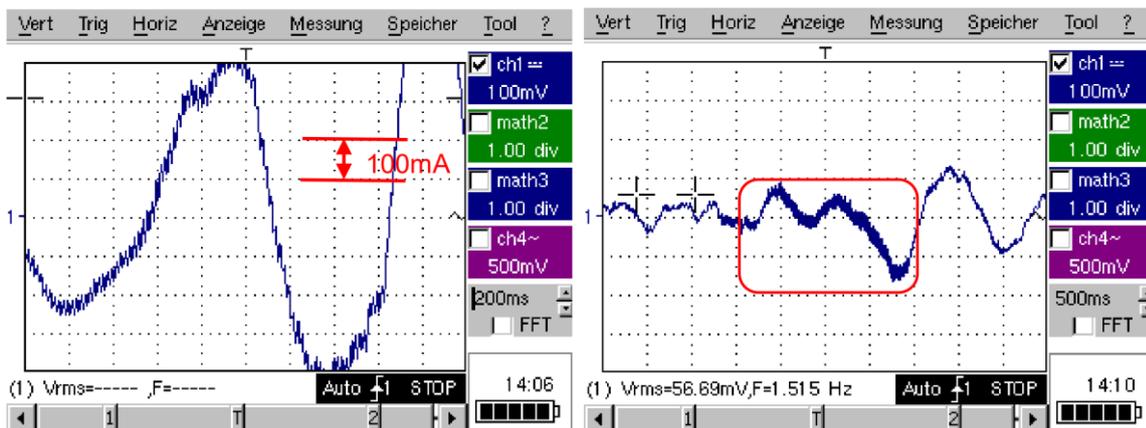
Die Elektroinstallation war nicht die Ursache der Probleme, diese war ordnungsgemäß in Fünfleiter-Struktur realisiert.

Eine Messung auf den Heizungsrohren ergab weitere Aufschlüsse:



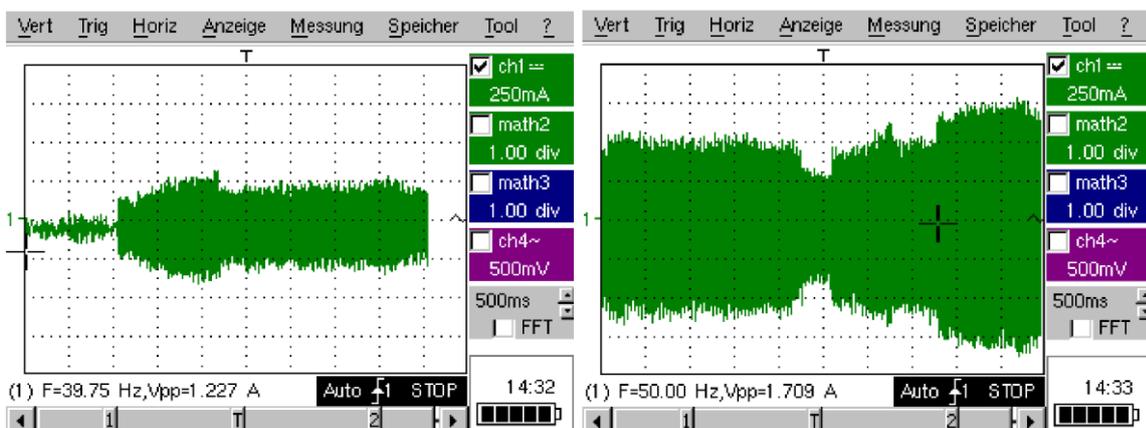
Fluke i3000S mit Metrix OX7042

Hierbei waren insbesondere die sehr niederfrequenten Ströme besonders auffällig.

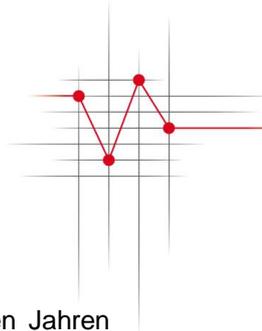


Diese entstehen insbesondere durch Potenzialunterschiede zwischen der Verrohung des Fernwärmenetzes und dem des Objekts selbst.

An der Verbindung der Fernwärme-Rohre mit dem Potenzialausgleich des Gebäudes waren andere Signale zu messen. Diese resultierten offenbar aus den Potenzialunterschieden zwischen dem Fernwärmenetz und dem Haus selbst.



Diese Ströme verursachen typischerweise die hier gesichtete Korrosion durch permanenten Materialabtrag. Da es sich um verzinkte Stahlrohre handelte, reichte die Beschädigung der Zinkschicht, dann setzt sofort die Korrosion ein.



Wären hier Kupferrohre eingesetzt worden, wäre das Problem wahrscheinlich erst nach vielen Jahren aufgetreten.

Das Hauptproblem lag aber in der fehlenden Potenzialtrennung zwischen Haus und Fernwärmenetz. Dies war vom Fachplaner nicht vorgesehen worden.

Dieser hatte auch die Verwendung von verzinktem Stahl im Leistungsverzeichnis zugelassen.

## 4 Zusammenfassung

Die Fälle mit Beeinflussungen elektronischer Systeme durch einen schlechten EMV-Status sind nicht selten sondern treten viel zu häufig auf. Viele Systeme „spinnen“, ohne dass die Ursachen schnell und effektiv ermittelt werden können.

Fast immer stellt man bei der Ursachenanalyse Fehler in der elektrotechnischen Infrastruktur fest, die den EMV-Status verschlechtern.

Diese Anlagen können also auch im Rahmen der Abnahme nicht richtig geprüft worden sein.

Die Problematik von EMV-Einflüssen wie beispielsweise Arbeitsströme auf dem PE/PA-System ist offenbar dem elektrotechnischen Personal nicht hinreichend bekannt.

Leider sind die relevanten Normen über viele Jahre schwammig formuliert gewesen, so dass sich der „EMV-Schlendrian“ breit gemacht hat.

Die EMV-Probleme haben aber auch noch andere Folgen, sie den Schadenfall mit der Elektrokorrosion an Heizungsrohren.

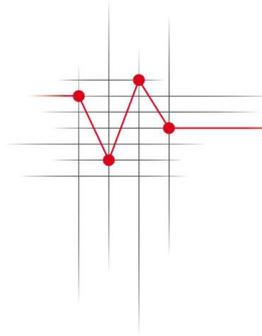
## 5 Literatur

Weiterführende Literatur zu diesem sehr umfangreichen Thema sei hier - zumindest auszugsweise - aufgeführt:

Sachverständiger Karl-Heinz Otto - „Die verPENnte Elektroinstallation“ (mehrere Ausgaben seit 1999)

Peter Gabler - „Ihr Computer läuft nicht an jeder Steckdose“

DIN VDE 0100-444 -EMV in Gebäuden, EN50174 und andere aktuelle Normen



## 6 Der Autor

Hans-Joachim Otto, Dipl.-Elektroingenieur, ist von der IHK öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Technik und Systeme der Informationsverarbeitung, insbesondere Telekommunikation.

Seit 2001 ist er selbstständig als Sachverständiger tätig, eines der Hauptarbeitsgebiete ist das Thema EMV-Einflüsse bei nachrichtentechnischen und datentechnischen Einrichtungen.

Weitere Tätigkeitsschwerpunkte sind die Begutachtung und Schadensbewertung von IT- und TK-Infrastruktur und sonstigen elektronischen Systemen, insbesondere für Versicherungen (Überspannung, Wasser, Brand)

Adresse:

Nussbaumweg 16, 45259 Essen

Tel.: 0201 8606520

Mobil: 0172 2745476

Fax: 0201 8606529

E-Mail: [sv@sv2020.de](mailto:sv@sv2020.de)

Web: [www.sv2020.de](http://www.sv2020.de)

Stand: 24.1.2022