

# Leserbriefe zum Thema Fünfleiter-Hausanschluss

Autor(en): **Schmautzer, Ernst / Umlauf, Dieter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **96 (2005)**

Heft 24-25

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-857893>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Leserbriefe zum Thema Fünfleiter-Hausanschluss

## Fachartikel im Bulletin 17/05 löst Diskussion aus

Der Fachartikel von René Mathys im Bulletin SEV/VSE 17/05 über den Fünfleiter-Hausanschluss löste Diskussionen aus, die sich bis nach Deutschland und Österreich ausbreiteten. Dieter Umlauf, Vorsitzender der Arbeitsgruppe TN-S-System im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE), reagiert kritisch auf den Vorschlag der Fünfleiter-Hausanschlüsse. René Mathys antwortet und Electrosuisse nimmt Stellung zum kontroversen Thema.

### Vermeintliche EMV-Probleme werden nicht gelöst

Es ist seit Jahrzehnten bekannt, dass TN-C-Systeme auch Ausgleichsströme über den PE-Leiter und den Potenzialausgleich verursachen, die ihrerseits zu Störungen von informationstechnischen Leitungssystemen und zu elektromagnetischen Feldern im betroffenen Objekt führen. Als Abhilfe dafür wird vorrangig die Anwendung des TN-S-Systems emp-

### Leserbrief von Ernst Schmutzter und Dieter Umlauf, Österreich

fohlen, was innerhalb eines Gebäudes zweifellos berechtigt ist, obwohl auch Massnahmen im Rahmen der verwendeten Informationstechnik möglich wären. René Mathys empfiehlt in seinem Beitrag in *Bulletin SEV/VSE 17/05* darüber hinaus die künftige Anwendung von Hausanschlusskabeln mit fünf Leitern mit dem Ziel, letztlich das gesamte öffentliche Niederspannungsnetz auf das TN-S-System umzustellen. Eine solche wirtschaftlich äusserst schwerwiegende Entscheidung sollte aber gut überlegt und die komplexen Rahmenbedingungen dafür sollten genau untersucht werden. Ohne diese wären die empfohlenen Fünfleiter-Hausanschlusskabel aus Kostengründen nicht vertretbar und physikalisch nicht zielführend.

Vagabundierende Ströme auf PE-Leitern und den mit diesen bei bestimmten Betriebsmitteln der Schutzklas-

se I zwangsweise verbundenen fremden leitfähigen Teilen (z.B. Wasserrohre) haben in TN-C-S-Systemen grundsätzlich zwei verschiedene Ursachen:

1. Der im PEN-Leiter fliessende Neutralleiterstrom, der sowohl aus der unvermeidbaren unsymmetrischen Belastung als auch aus der Summation der ungeradzahigen, durch drei teilbaren Oberschwingungsströme resultiert, verursacht am PEN-Leiter einen Spannungsabfall gegenüber dem geerdeten Sternpunkt des Netzes. Dieses Potenzial überträgt sich ab dem Aufteilungspunkt des PEN-Leiters in N- und PE-Leiter auf den PE-Leiter.

2. Elektronische Geräte mit EMV-Beschaltung gegen den PE-Leiter verursachen so genannte Ableitströme unterschiedlicher Frequenzen, was der ursprünglichen Aufgabenstellung des PE-Leiters, keine Betriebsströme zu führen, widerspricht.

Während man die Ableitströme nur durch Verzicht auf die betreffenden elektronischen Geräte vermeiden kann, besteht sicherlich Einvernehmen darüber, dass man die Auswirkungen der erstgenannten Ursachen durch die Anwendung eines kompletten TN-S-Systems innerhalb eines mit ordnungsgemäsem Potenzialausgleich und Fundamenterder versehenen Gebäudes weitgehend vermeiden kann.

Da das öffentliche Netz seit über 100 Jahren mit bestem wirtschaftlichem und technischem Erfolg als Vierleitersystem errichtet wird, verbleibt der Spannungsabfall am PEN-Leiter dieses Netzes bis

zu dessen Aufteilungspunkt am Hausanschluss. Dieser Punkt ist in Bild 1a zugleich mit der Potenzialausgleichschiene (PAS) und über diese mit dem Anlageerder verbunden, weshalb Ausgleichsströme über den Fundamenterder fließen. Theoretisch würde die Schutzmassnahme Nullung zwar auch ohne diesen Anlageerder funktionieren, jedoch bringt dieser vor allem als Fundamenterder erfahrungsgemäss erhebliche Vorteile (Senkung der Fehlerspannung und der Impedanz der Fehlerschleife, Verringerung des Risikos des Abgreifens einer Fehlerspannung), ein Hauptgrund für den Siegeszug der Nullung als Schutzmassnahme.

In seinem Beitrag meint René Mathys nun, dass der unvermeidliche Ausgleichstrom vom PEN-Leiter zum Fundamenterder beachtliche vagabundierende Ströme innerhalb des Objektes zur Folge hätte, die mit einem Fünfleiter-Hausanschlusskabel vermeidbar wären. Um diesbezügliche Missverständnisse zu vermeiden, muss auf zwei physikalische Sachverhalte hingewiesen werden:

1. Durch die sehr kurze und gut leitfähige Potenzialausgleichsverbindung zwischen PEN-Leiter und Anlageerder in Bild 1a wird die treibende Spannung für solche vagabundierenden Ströme praktisch kurzgeschlossen. Der Ausgleichstrom zum Anlageerder resultiert ausserdem nicht nur aus dem Neutralleiterstrom der betreffenden Anlage, sondern nach den kirchhoffschen Gesetzen aus den Widerständen und Asymmetrieströmen des gesamten Netzes, wobei die Richtung dieser Ströme anders sein kann als die Pfeile in Bild 1, jedoch völlig belanglos ist. Da der Widerstand der PAS zwischen dem PEN-Leiter und dem Anlageerder im Vergleich zu den Widerständen der sonstigen Leitungsführungen und der Rohre in der Anlage sehr gering ist, fließen bei dieser Parallelschaltung nur vernachlässigbar geringe Anteile dieses Stromes (Grössenordnung weniger als ein Zehntel) durch das Gebäude. Diese Teilströme sind in Bild 1a und 1b mit kleinen Pfeilen angedeutet und in ihren Auswirkungen mit den unvermeidbaren Ableitströmen vergleichbar. Für die Praxis der Informationstechnik reicht diese Lösung jeden-

falls aus und wird daher künftig generell angestrebt (siehe EN 50310). Wechselstromkorrosionsprobleme sind deshalb nicht zu erwarten, weil der Fundamenteerder einerseits durch die geringen auftretenden Spannungen und andererseits durch seine Anordnung im Beton weitgehend gegen Korrosion geschützt ist.

2. Mit dem vorgeschlagenen Fünfleiterkabel (Bild 1b) wird die am Verteilerkasten (VK) vorhandene und für den Ausgleichsstrom, auch beim Vierleiter-Hausanschluss massgebliche, momentane Spannung des PEN-Leiters über den PE-Leiter des Fünfleiterkabels gleichermassen auf die PAS übertragen und führt zu einem praktisch gleichen Ausgleichsstrom über den Anlageerder. Wegen der kurzen Entfernung vom Haus zum Verteilerkasten und aufgrund des hohen Querschnittes (50 mm<sup>2</sup> Cu) sind die Unterschiede der beiden Lösungen vernachlässigbar gering.

Auch die von Mathys am Schluss seines Beitrages diskutierten Probleme wären mit dem Fünfleiter-Hausanschlusskabel nicht beherrschbar gewesen.

Ergänzend zum einfachen Fall eines Niederspannungsnetzes mit nur einer Stromquelle soll zum komplexeren Thema «Niederspannungs-Verbraucheranlagen mit mehreren Stromquellen» nur darauf hingewiesen werden, dass zur Vermeidung von EMV-Problemen im künftigen Abschnitt 4-444 von IEC 60364 zwei unterschiedliche Möglichkeiten angegeben sein werden:

- Die Sternpunkte aller Stromquellen, die an einem lokalen Standort miteinander parallel betrieben werden sollen, sind durch einen isolierten Sternpunkt-Verbindungsleiter miteinander zu verbinden und nur an einem gemeinsamen Punkt zu erden. Ab diesem Punkt ist ein TN-S-System zu installieren.
- Bei Umschaltung einer Verbrauchergruppe (z.B. in einem Industriebetrieb) auf eine andere Stromquelle, die mit den erstgenannten Stromquellen nicht

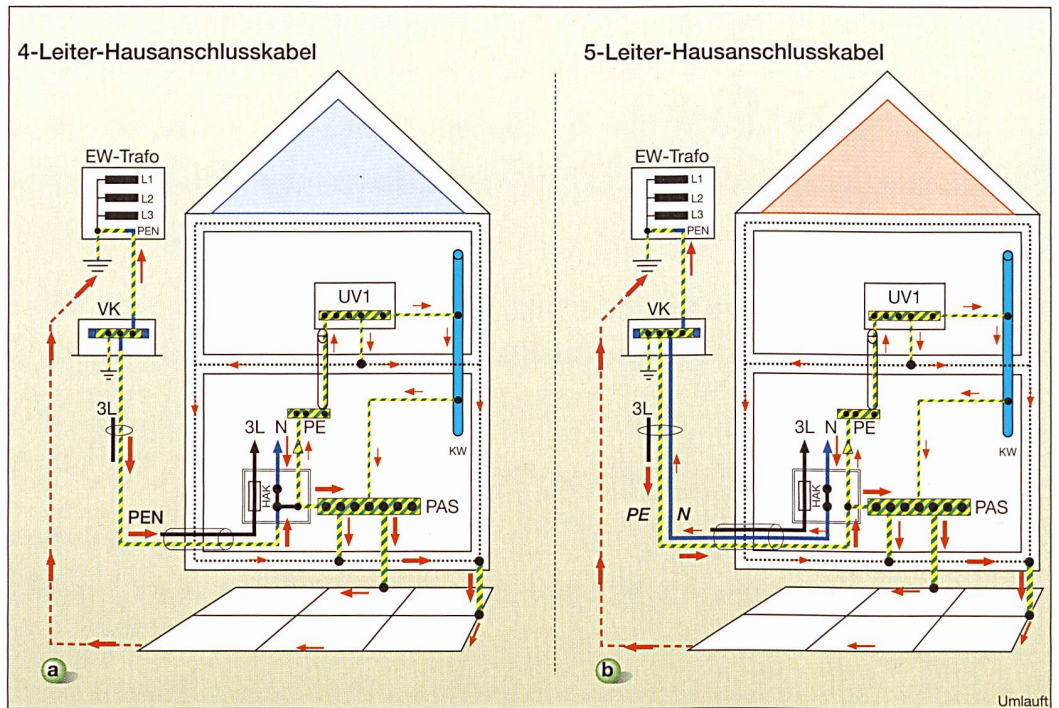


Bild 1 Vergleich der Ausgleichsströme bei Vierleiter- und Fünfleiter-Hausanschlusskabeln

Bei dem als TN-C-System betriebenen öffentlichen Verteilungsnetz fließen als Folge der Mehrfacherdungen des PEN-Leiters über alle beteiligten Erder Ausgleichsströme, die von den momentanen Neutralleiterströmen und den Widerstandsverhältnissen von PEN-Leiter und Erdungen im gesamten Netz abhängig sind. In Bild 1a wird der Neutralleiterstrom des gezeigten Hauses direkt am Hausanschluss auf den PEN-Leiter aufgebracht, in Bild 1b erst in geringer Entfernung davon am Verteilerkasten. Der Unterschied hinsichtlich des Ausgleichsstromes über den Fundamenteerder des Hauses ist vernachlässigbar. Wegen des sehr geringen Widerstandes der Potenzialausgleichsschiene (PAS) fließen nur vernachlässigbar geringe Teilströme davon über den PE-Leiter in das Haus und über die Wasserleitung zur PAS zurück, dies jedoch in beiden Teilbildern in gleicher Weise.

parallel betrieben wird, muss jedenfalls eine vierpolige Umschaltung erfolgen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der finanzielle Aufwand für den Einsatz von Fünfleiter-Hausanschlusskabeln physikalisch nicht gerechtfertigt ist. Es muss bezweifelt werden, dass die Kunden der öffentlichen Stromversorgung – ob liberalisiert oder noch nicht – gewillt sein werden, die zusätzlichen Kosten dafür mit dem Strompreis zu tragen; für eine Umstellung aller öffentlichen Niederspannungsnetze auf das TN-S-System, welche deren kompletten Neubau erfordern würde, ist dies wohl als sicher anzunehmen.

Dipl.-Ing. Dr. techn. Ernst Schmautzer, Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen  
Dipl.-Ing. Dieter Umlauf, Vorsitzender der Arbeitsgruppe TN-S-System im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE), Wien

Literatur: Schmautzer, R., und Umlauf, D.: Anlagen mit «Klassischer Nullung» – was ist zu tun? e&i Heft 7/8-2004, Seiten a33-a36

### EM-verträgliche Lösung nur im TN-S-System

Vor Jahrzehnten war die Kundenseite der elektrischen Netze durch problemlose Lasten geprägt. Heute haben sich die

Anforderungen an die Netze, durch den Anschluss von Geräten und Anlagen bei gleichzeitig steigendem Einsatz empfindlicher elektronischer Betriebsmittel, stark

### Antwort von René Mathys

geändert. Durch vorwiegend einphasig betriebene nichtlineare Lasten werden die Netz- und Erdungsstrukturen erheblich belastet.

Grundsätzlich sollte im Gebäude an keiner Stelle ein kombinierter Neutral-/Schutzleiter (PEN) zugelassen werden. Aus EMV-Sicht ist ein Vierleiter-Hausanschlusskabel (TN-C) ein Kompromiss, aber auch gleichzeitig die erste Annäherung in Richtung Unverträglichkeit. Nicht zu unterschätzen ist die Tatsache, dass im Gebäude der Netz-PEN-Leiter mit dem Fundamenteerder verbunden werden muss und dadurch, systembedingt durch die Mehrfacherdungen des PEN-Leiters, beide Zweige impedanzabhängig aufgezogene Betriebsströme führen.

Im Neutralleiter fließen in den meisten Fällen stark verzerrte Oberschwingungsströme und in zunehmendem Masse kurze Gleichstromanteile, die durch Halbwellensymmetrien verursacht werden. Die Kabelimpedanz ist frequenzabhängig und

erhöht sich bei Oberschwingungsströmen näherungsweise nach

$$Z_v = \sqrt{R^2 + (v \cdot X)^2},$$

wobei  $v$  die Ordnungszahl der Oberschwingung ist.

Demgegenüber verhält sich der Erdungswiderstand praktisch rein ohmisch, also unverändert. Grossflächige Fundamente mit ausgedehnten Potenzialausgleichs- und Erdungsstrukturen sowie Arealüberbauungen mit oftmals gemeinsamen metallischen Heiz- und Wasserleitungen weisen einen sehr kleinen Widerstand ( $\ll 1 \Omega$ ) auf. Deshalb wird der Effekt begünstigt, dass sich überschwingungsbehaftete Ströme unkontrolliert durch die Erdungsstrukturen ausbreiten und somit auch die elektromagnetischen Felder. Wie die verzerrten Ausgleichsströme aussehen können, zeigt Bild 2.

Die wichtigste und entscheidende Massnahme gegen Ausgleichsströme ist ein lupenreines TN-S-System (Fünfleiter) vom Transformator bis zum Verbraucher. Das ist der Idealfall und wirklich EMV-freundlich, ohne Probleme. Für den Netzbetreiber bedeutet der Einsatz von Fünfleiterkabeln für Hausanschlüsse einen unerlässlichen Schritt in Richtung Idealfall. Die physikalischen Gesetzmässigkeiten sind gegeben und können gezielt nach EMV-Gesichtspunkten ausgerichtet werden.

Die Vorteile des Fünfleiterkabels für Hausanschlüsse sind bekannt und die Kosten unerheblich in Relation zum dauerhaften, störungsarmen Nutzen sowie zu den baulichen Gesamtkosten. Natürlich besteht keine Forderung, das ganze Netz auf TN-S umzustellen, aber es bieten sich immer geeignete Möglichkeiten an, das TN-S-System auszuweiten. In kurzer Zeit wird das Fünfleiterkabel seinen festen Platz in der Energieversorgung einnehmen.

men. Dabei kann jeder Netzbetreiber frei entscheiden, ob er seinen Kunden für den Hausanschluss die beste oder eben die zweitbeste Lösung anbieten will.

«Ein gutes Netz ist etwas Teures, aber es gibt nichts Teureres als ein schlechtes Netz.»

*René Mathys, Gemeindewerke Dietlikon*

## Stellungnahme Electrosuisse zum Fünfleiter-Hausanschluss

Mit dem Fünfleiterkabel auf der «letzten Meile» wird die Aufteilung des PEN-Leiters in Neutral- (N) und Schutzleiter (PE) vom Hausanschlusskasten in die Verteilerkasten vorverlegt. Dies hat Vor- und Nachteile.

*Jost Keller, Josef Schmucki*

Der Fünfleiter-Hausanschluss hat den Vorteil, dass sich EMV-Störungen, die als Betriebsstrom auf dem Neutralleiter zurückfliessen, weniger über das vermaschte Netz des Schutzleiters verbreiten. Beim Vierleiter-Hausanschluss sind der Neutral- und der Schutzleiter beim Hausanschluss verbunden. Da die Impedanz des PEN-Leiters zum Trafo des EWs wesentlich kleiner ist als der Weg über den Schutzleiter (via Fundament und Erde), wird der grosse Teil des Betriebsstromes über den PEN-Leiter fliessen – inklusive der Oberwellen, der EMV-Störungen. Wie bei jedem Spannungsteiler wird aber ein kleiner Teil über den Schutzleiter und das Fundament zum Trafo fliessen. Werden nun Neutral- und Schutzleiter beim Fünfleiter-Hausanschluss bereits beim Verteilerkasten getrennt, wird die Impedanz über den Schutzleiter zum Trafo noch grösser und der Strom, der darüber abfliesst, nochmals kleiner.

Voraussetzung für den Fünfleiter-Hausanschluss ist, dass das TN-S-System nicht wieder in ein TN-C-System übergeleitet wird, also Neutral- und Schutzleiter

im Haus nicht mehr zusammengeführt werden. Dies ist in der Schweiz erfüllt. In speziellen Gebieten sollte man den Fünfleiter-Hausanschluss trotzdem überprüfen: Bei weit abgelegenen Gebäuden steigt die Impedanz des Neutralleiters an (durch die grössere Distanz). Wenn nun ein Strom darauf fliesst, fällt eine Spannung ab, die beim Hausanschluss zu einer unerwünschten Spannung zwischen Neutral- und Schutzleiter führen kann. In städtischen Gebieten kann zudem das Gleichstromnetz einer Strassenbahn oder auch das 16,7-Hz-Netz der Bahn das Potenzial eines Verteilerkastens anheben, was wiederum zu einer unerwünschten Spannung zwischen Neutral- und Schutzleiter beim Hausanschluss führen kann. Im Moment sind es vor allem Werke in dicht besiedelten, aber nicht städtischen Gebieten, die auf den Fünfleiter-Hausanschluss wechseln.

Insgesamt haben die Werke, die den Fünfleiter-Hausanschluss bereits nutzen, gute Erfahrungen gemacht. Nachteile, auch bezüglich Personenschutz, sind nicht bekannt. Zu erwähnen bleibt, dass sich ein Neutralleiterunterbruch in einem 5-Leiter-Anschlusskabel zwischen Verteilerkasten und den Hausanschlüssen gravierender auswirken kann als ein PEN-Unterbruch in einem 4-Leiter-Anschlusskabel. Denn beim Vierleiterkabel sind Neutral- und Schutzleiter beim Hausanschluss verbunden, der Neutralleiter bleibt also über den Schutzleiter (einigermassen) fixiert und kann weniger stark aus dem Sternpunkt der drei Phasen wegwandern (Überspannung bei 230-V-Verbrauchern). Das Risiko eines separaten N-, PE- oder PEN-Leiter-Unterbruchs im Hausanschlusskabel kann allerdings als sehr gering eingestuft werden, denn bei erdverlegten Kabeln sind alle Leiter im selben Kabel.

Die Hersteller der Kabel melden ein steigendes Interesse an Fünfleiterkabeln. Die Kosten der Kabel sind gemessen am gesamten Kabeltrasse inklusive Tiefbauarbeiten vernachlässigbar – wobei Electrosuisse davon ausgeht, dass nur neue Gebäude mit Fünfleiterkabeln erschlossen werden oder Gebäude, die speziell mit EMV-Problemen kämpfen. Es wäre nicht wirtschaftlich, ein bestehendes Netz umzustellen, nur um Fünfleiterkabel einzuziehen. Bei den Anschlüssen sowohl beim Verteilerkasten als auch beim Hausanschluss werden die bisherigen Betriebsmittel genutzt – es entstehen keine weiteren Kosten.

Electrosuisse wird die Entwicklung der Fünfleiter-Hausanschlüsse weiter verfolgen.

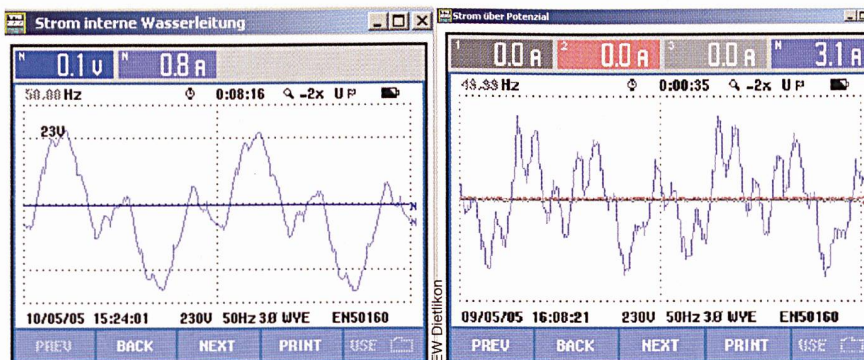


Bild 2 Ausgleichsströme in Wasserleitungs- und Erdungsstrukturen