

Funktions- und Betriebs

Das Energieverteilnetz als potentieller Störfaktor



Im Zeichen immer komplexerer Installationen – Stichwort: vernetzte Multimediasysteme – wird es zunehmend schwieriger, Sicherheit für Mensch, Gebäude und die Funktion der Systeme voll umfänglich, jederzeit und dauerhaft zu erreichen. Die klassischen Maßnahmen des äußeren und inneren Blitzschutzes „Erdung und Potentialausgleich“ in einer Empfangs- und Verteilanlage sind heute nach wie vor unverzichtbar, reichen aber bei Weitem nicht aus. Das wahre Problempotential wird sich erst im multimedialen, intelligenten Haus offenbaren. Hier sind durch den Betrieb unterschiedlichster vernetzter Systeme für die Energieversorgung, Unterhaltung, Kommunikation, Datentechnik, Steuerung, Sicherheit ... völlig neue Störszenarien entstanden. Deren Beherrschung ist durch Anwendung der bestehenden Normen und Vorschriften (noch) nicht restlos möglich.

sicherheit in Verteilanlagen

Dreiphasige Energieverteilungen. Von den Energieversorgern wird die elektrische Energie in Form von „Drehstrom“ (korrekterweise müsste von Drehspannung die Rede sein) zum Abnehmer transportiert. Der Begriff „Drehstrom“ leitet sich aus der Art der Stromerzeugung über einen Generator mit drei um 120° versetzte Wicklungspakete ab. Bei einer Generatordrehzahl von 50 Umdrehungen pro Sekunde (50 Hz) stehen so im Idealfall drei reine Sinusspannungen (ohne Oberwellen, deshalb auch als harmonisch bezeichnet) mit einem Effektivwert von ca. 230 V jeweils zwischen den drei Phasenleitungen (Leiterspannungen, L1, L2, L3) und dem gemeinsamen Neutraleiter (N) des Hausanschlusses an (Sternspannungen, S1, S2, S3). Zwischen den Außenleitern werden um 30° gegen die Sternspannungen phasenverschobene (voreilende) Spannungen mit einem Effektivwert von ca. 400 V gemessen (Leiterspannungen, L1, L2, L3). **Bild 1** zeigt die Zeitverläufe von Stern- und Leiterspannungen.

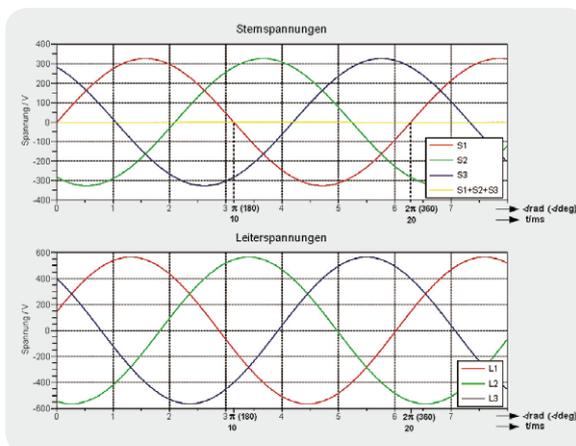


Bild 1: Die Spannungsverläufe in einem Drehstromsystem. Werden die Spannungen zwischen den Phasenleitern und dem Neutraleiter (Sternspannungen) symmetrisch durch lineare Lasten belastet, kompensieren sich die Lastströme im Neutraleiter.

Gleichung 1 beschreibt die Zusammenhänge zwischen deren Effektiv- und Spitzenwerten.

Spitzenwert der sinusförmigen Sternspannungen

$$\hat{U}_v = \underbrace{230V}_{\text{Effektivwert}} \cdot \sqrt{2} \approx 325V \quad v=1, 2, 3$$

1

Spitzenwert der sinusförmigen Leiterspannungen

$$\hat{S}_v = \hat{U}_v \cdot \sqrt{3} = 230V \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \approx \underbrace{400V}_{\text{Effektivwert}} \cdot \sqrt{2} \approx 563V \quad v=1, 2, 3$$

Jeder Elektriker lernt schon früh in seiner Ausbildung, dass eine symmetrische Lastverteilung auf die Drehstromphasen den Rückstrom durch den Null-Leiter aufhebt. Das gilt allerdings nur, wenn die Lasten keine Oberwellen und keine (oder gleiche) Phasenverschiebungen zwischen Lastströmen und Spannungen erzeugen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, kann der Neutraleiter durch komplexe Rückströme belastet oder gar überlastet werden.

Ausgleichsströme durch ungeeignete Stromnetzformen. Um das Problem richtig darstellen zu können, ist ein kleiner Exkurs in die Netzformen nach VDE 0100 sinnvoll.

Die VDE 0100 unterscheidet im Hinblick auf die Erdungsverhältnisse von Spannungsquelle und Verbraucher verschiedene Netzformen und kennzeichnet diese in Form einer Buchstabengruppierung.

Der **erste Buchstabe** kennzeichnet die **Erdungsart des Sternpunkts** beim Stromnetzbetreiber, in der Regel in der Trafostation des Energieversorgungsunternehmens, T: Erde (Terra), I: isoliert.

Der **zweite Buchstabe** beschreibt die **Beziehung der berührbaren Teile des Verbrauchers zur Erde**: T: Erde, N: Neutral (mit Betriebserder verbunden).

Der **dritte und vierte Buchstabe** kennzeichnet die **Art der Verlegung von Null-Leiter** (Neutral: hellblau) und **Schutzleiter** (PE = Protective Earth: grün-gelb) in der Anlage des Verbrauchers: S: separat (N und PE sind als separate Leiter ausgeführt), C: combined (N und PE sind in einem Leiter zusammengefasst).

So werden entsprechend **Bild 2** im Wesentlichen drei Formen des Gesamtnetzes unterschieden, bestehend aus einem EVU-Anteil und einem Gebäudeanteil: TN-C, TN-S und TN-C-S.

Einem TN-S-Netz liegt die getrennte Führung von Neutral- und Schutzleiter vom Sternpunkt der Trafostation des EVUs bis zum Verbraucher in der Gebäudeinstallation zugrunde. Diese Netzform ist bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit zwar optimal, aber wegen des höheren Kupferbedarfs durch den zusätzlichen PE-Leiter im Außenbereich der Gebäude kaum anzutreffen.

In der Regel führt das EVU seine Leitungen mit 4 Leitern (L1, L2, L3 und kombiniertem Schutz- und Neutralleiter PEN) in die Gebäude hinein. Bei modernen Installationen wird hier der PEN direkt nach der Einführung in Neutral- und Schutzleiter aufgespalten (siehe Bild 2 unten).

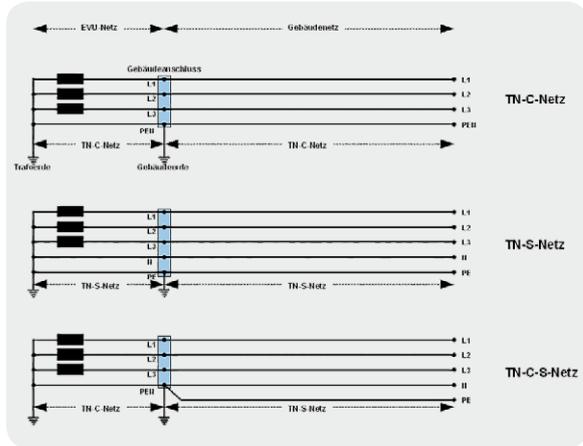


Bild 2: Netzformen nach VDE 0100. Die Benutzung des gleichen Leiters (PEN) für Rückstrom- und Schutzzwecke ist aus EMV- und Sicherheitsgründen zu vermeiden.

Beide sollten im weiteren Verlauf der Gebäudeinstallation niemals mehr verbunden werden! Eine solche Netzform wird als Ganzes betrachtet als TN-C-S-Netz bezeichnet, der Gebäudeanteil ist ein TN-S-Netz.

Im Folgenden wollen wir uns auf die Bezeichnungen der Netzformen im Gebäudebereich beschränken.

Veraltet: das TN-C-System. Es ist bei Neuinstallationen nicht mehr zulässig, aber noch häufig im Gebäudebestand anzutreffen. Insbesondere im Steigleitungsbereich älterer Gebäude finden sich noch oft TN-C-Strukturen, in den renovierten Wohnungen wurde aber meist auf die TN-S-Netzform übergegangen. Bild 3 demonstriert, dass der Rückstrom durch den kombinierten Schutz- und Neutralleiter PEN zwischen den Stockwerken Differenzen zwischen den dort herrschenden Schutzleiterpotentialen hervorruft. Obwohl in den Wohnungen Schutz- und Neutralleiter (PE und N) getrennt verlegt wurden, also ein wünschenswertes TN-S-System vorliegt, können bei wohnungsübergreifenden Installationen von Daten- oder Koaxialkabeln Ausgleichsströme über deren Abschirmung (Mantelströme) entstehen.

Ein TN-C-System im Wohnungsbereich hat einen großen Nachteil: Bei Anwendung der „Klassischen Nullung“, d. h. Herstellen einer Brücke zwischen Null- und Schutzleiterklemme in der Schutzkontaktdose, führt bei einem intakten PEN-Leiter eine defekte Isolation eines leitenden Gerätegehäuses zu einem Fehlerstrom,

der, wenn er groß genug ist, die Leitungssicherung auslöst. Bei einer Unterbrechung des PEN-Leiters besteht jedoch bei Berührung des leitenden Gehäuses Lebensgefahr, weil dessen Potential nicht mehr abgeleitet wird. Zudem rufen reguläre Lastströme im PEN zwischen den über die Schutzleiteranschlüsse geerdeten Verbrauchern Potentialdifferenzen hervor, die zu Störspannungen und dadurch hervorgerufene Ausgleichsströme führen. Bild 4 illustriert das.

Nehmen wir einmal an, die beiden Verbraucher wären PCs mit TV-Empfangskarten und das Koaxialkabel eine durchgeschleifte Antennenleitung. Dann ergibt sich der folgende Ausgleichstrommechanismus: Der Laststrom von Verbraucher 2 durch den PEN-Leiter erzeugt an dessen Leitungswiderstand im Abschnitt zu Verbraucher 1 eine Störspannung $U_{Stör}$, die einen Aus-

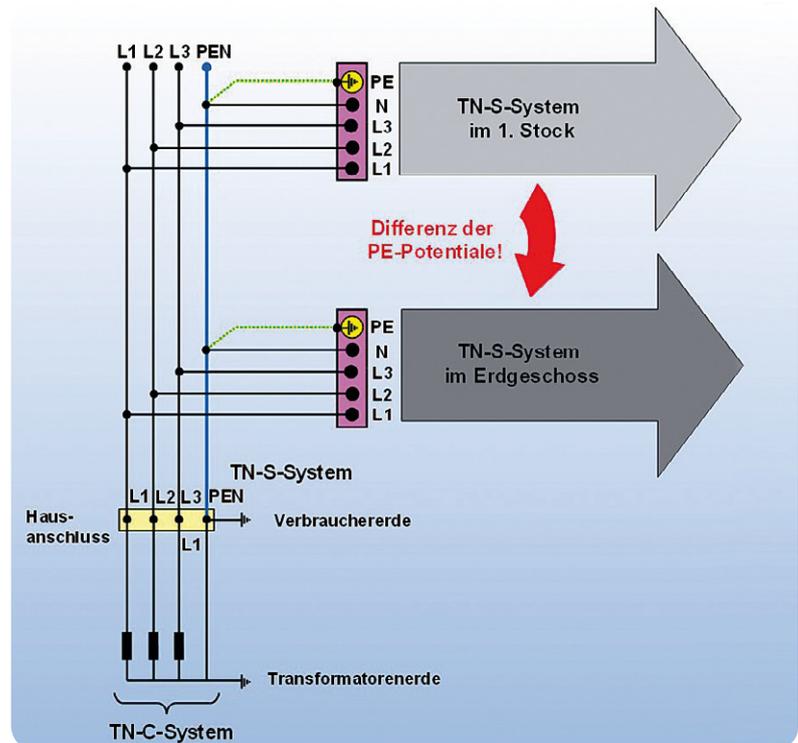


Bild 3: In vielen älteren Bestandsinstallationen ist die Steigleitung nur vierdrähtig ausgeführt (TN-C-System). Erst in der Wohnungsverteilung wird der PEN aufgeteilt in separate PE- und N-Leiter (TN-S-System). Bei solchen Mischsystemen können schwer eingrenzbar gegenseitige Beeinflussungen zwischen Endgeräten in unterschiedlichen Etagen auftreten.

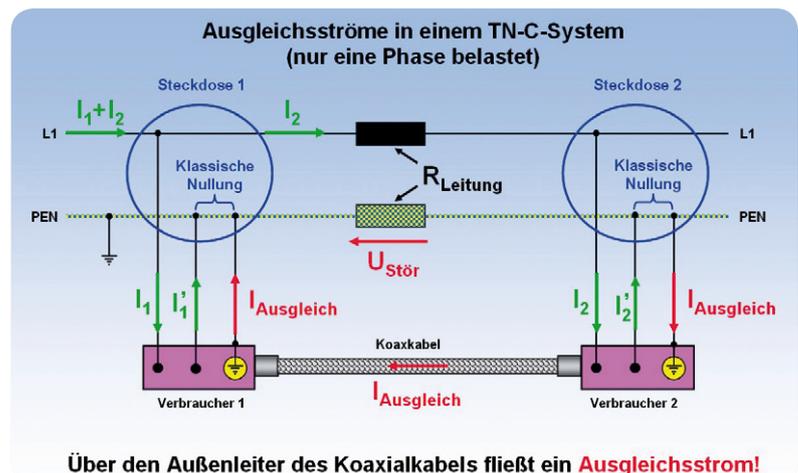


Bild 4: Der Laststrom im PEN führt zu einem Ausgleichsstrom über den Mantel des Koaxialkabels, der wiederum den Betrieb eines Endgeräts stören kann.

gleichsstrom $I_{\text{Ausgleich}}$ über den Schirm eines Koaxialkabels zwischen den Verbrauchern fließen lässt. Dieser Ausgleichsstrom kann zu Fehlfunktionen beim Empfang führen und ist aus EMV-Sicht (EMV: elektromagnetische Verträglichkeit) zu vermeiden. Viel gravierender wird das Problem, wenn ein starker Verbraucher, wie z. B. eine Waschmaschine, den Spannungsfall zwischen

Verbraucher 1 und Verbraucher 2 stark erhöht. Das Tückische daran ist, dass der dadurch verursachte Ausgleichsstrom nur zeitweise (bei laufender Waschmaschine, oft in einem anderen Stockwerk) auftritt und die Suche nach der Fehlerursache erschwert. Auch wenn die Verbraucher an unterschiedlichen Phasen betrieben werden, kommt es wegen des gemeinsamen Rückleiters (das Wort Neutralleiter wird jetzt absichtlich nicht verwendet) zu Ausgleichsströmen (Bild 5). Hier wird zwischen Verbraucher 1 und der Potentialausgleichschiene ein im Wesentlichen durch Verbraucher 2 hervorgerufener Spannungsfall zum Auslöser des Ausgleichsstroms über den Schirm des Koaxialkabels. Wir sehen an diesem Beispiel, dass ein gemeinsamer Neutral- und Schutzleiter in der Gebäudeverkabelung zur Vermeidung von EMV-Problemen absolut unzulässig ist.

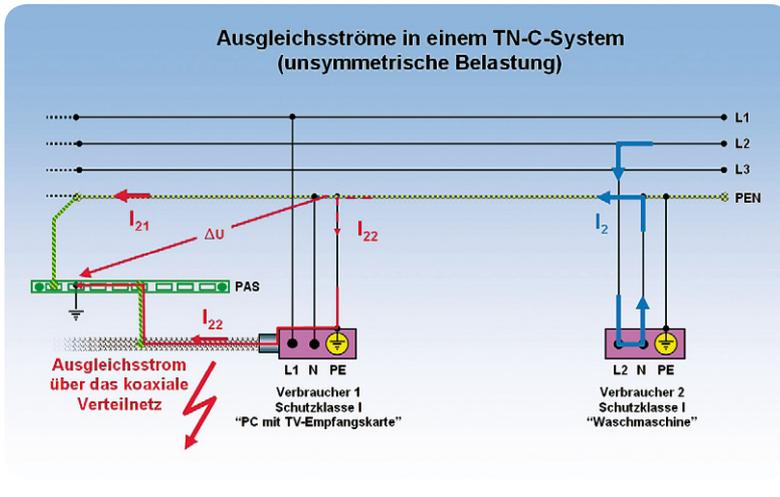


Bild 5: Auch Lasten auf unterschiedliche Phasen rufen Ausgleichsströme über Kabelschirme hervor.

Zeitgemäß: das TN-S-System. Hier wird im Hausanschluss in Neutralleiter und Schutzleiter aufgetrennt. Im gesamten Verteilsystem darf dann nirgendwo mehr eine Verbindung zwischen Neutral- und Schutzleiter hergestellt werden! Jetzt verursacht der Rückstrom von Verbraucher 2 zwar am Leitungswiderstand des Neutralleiter-Abschnitts zu Verbraucher 1 eine Störspannung, nicht jedoch im Schutzleiter (Bild 6). Also fließt auch kein Ausgleichsstrom über den Schirm eines Koaxialkabels zwischen den Verbrauchern. Allerdings kann ein externes magnetisches Störfeld in die geschlossene Erdschleife, bestehend aus Mantel des Koaxkabels und Schutzleiter, einen Störstrom induzieren. In NF-Anwendungen äußert sich dies oft als ein dem Nutzsignal überlagerter Brummtön. Deshalb wird eine derartige geschlossene Erdschleife auch als Brummschleife bezeichnet.

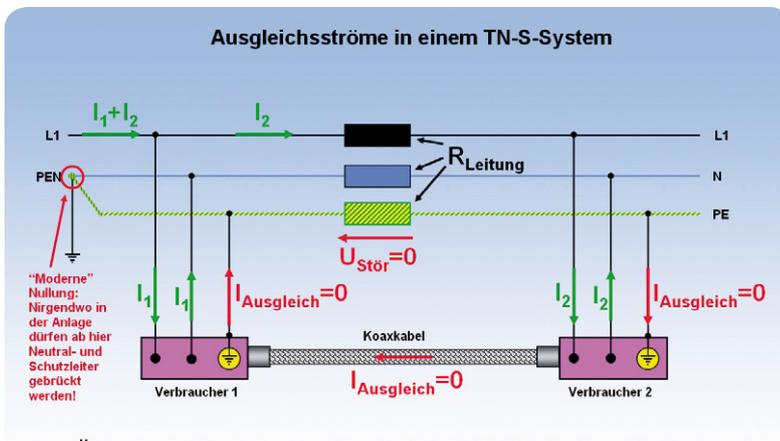


Bild 6: Im TN-S-System sind Rück- und Schutzleiter separiert. Der Rückstrom verursacht deshalb keinen Spannungsfall am Schutzleiter, wodurch das Entstehen von Ausgleichsströmen über Kabelschirme vermieden wird.

Rückströme mit Oberschwingungen. Wie eingangs geschildert, neutralisieren sich im Idealfall eines symmetrisch belasteten Drehstromsystems mit oberwellenfreien „sauberen“ Sinusströmen diese wegen ihrer Phasenverschiebung um 120° , wenn sie über den Neutralleiter zur Quelle zurückfließen. So weit die Theorie.

In der Realität ist aber zunehmend durch den massenhaften Einsatz von elektronischen nichtlinearen Verbrauchern wie Phasen- und -abschnittssteuerungen, Schaltnetzteilen in PCs, Druckern und Monitoren, elektronisch geregelten Durchlauferhitzern, elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) usw. ein starker Oberwellengehalt in Netzspannung und -strömen zu verzeichnen. Die ungeraden Oberwellen und davon besonders die dritte Oberwelle jeder Phase (150 Hz) sind besonders störend, da sie sich auch im symmetrischen Belastungsfall nicht im Neutralleiter kompensieren, sondern aufaddieren (Bild 7). Dadurch kann es bei entsprechend vielen nichtlinearen Lasten zu einer Überlastung eines Neutralleiters mit zu geringem Querschnitt kommen.

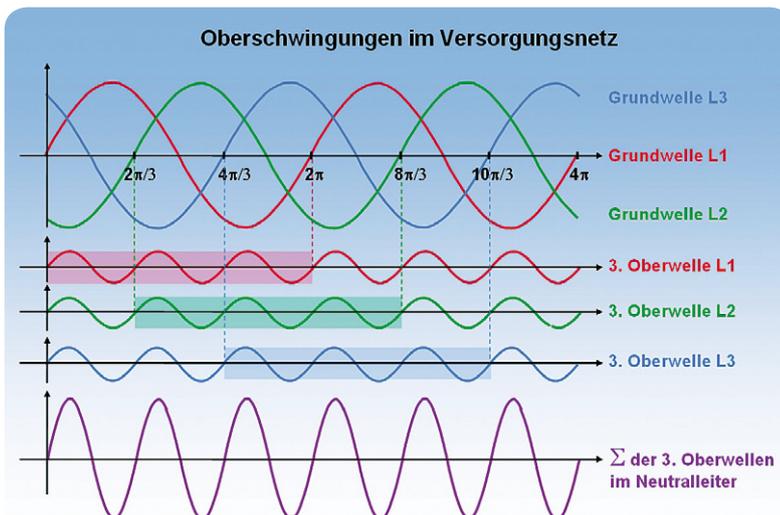


Bild 7: Die dritten Oberschwingungen der Drehströme können sich im Neutralleiter aufaddieren, auch wenn die Phasenbelastungen symmetrisch sind.

Bild 8 demonstriert anhand eines Oszillogramms (links), wie ein impulsförmiger Strom die Netzspannung abflacht. Diese Rückwirkung produziert Spannungsoberwellen. Noch gravierender ist die Oberwellensituation in diesem Beispiel beim Strom selber (rechts), wo die dritte Oberwelle stark ausgeprägt ist.

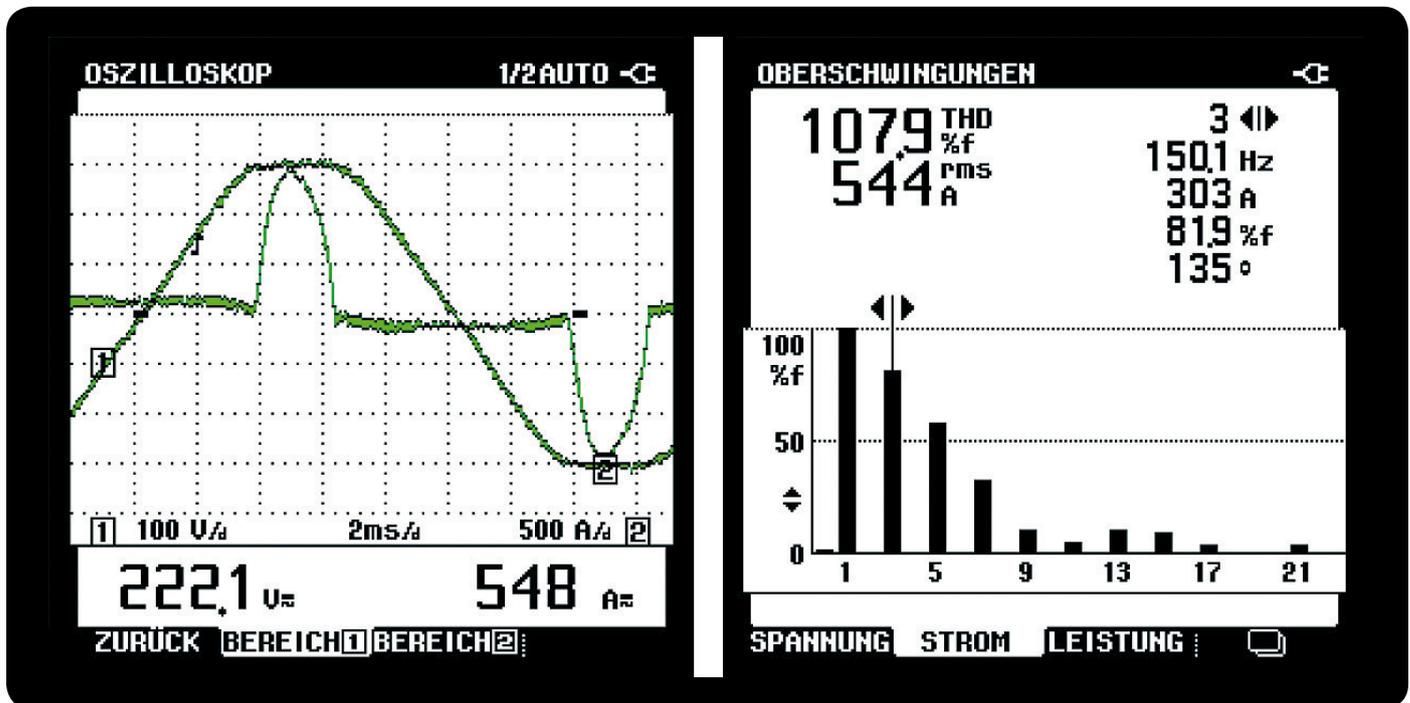


Bild 8: Nichtlineare Lasten verformen die Phasenspannungen und erzeugen so Spannungsüberwellen. Besonders stark ausgeprägt ist die dritte Oberwelle des Rückstroms durch den Neutralleiter. Quelle: Fluke

In TN-S-Systemen induziert der Neutralleiter durch unsymmetrische Lastverteilung und die Harmonischen im parallel verlaufenden Schutzleiter Spannungen, die zu nicht hohen Ausgleichsströmen führen können.

Ableitströme von Schaltnetzteilen. In jedem Haushalt gibt es heute eine Vielzahl von Geräten der Schutzklasse II. Sie sind verstärkt oder doppelt isoliert und haben keinen Anschluss an den Schutzleiter. Diese Schutzmaßnahme wird auch Schutzisolierung genannt. Geräte mit elektrisch leitenden Oberflächen sind durch eine verstärkte Isolierung vor Kontakt mit spannungsführenden Teilen geschützt. Typische Vertreter dieser Klasse sind TV-Geräte, Receiver, Videorecorder, CD-Player usw. In der weit überwiegenden Zahl der Fälle arbeiten diese Geräte mit Schaltnetzteilen, die wegen ihres prinzipbedingten stark nichtlinearen Lastverhaltens Überwellen bis in den MHz-Bereich hinein produzieren. (Bild 9) Darüber hinaus müssen Netz-Funkentstörkondensatoren sowohl das Gerät vor netzseitigen Überspannungen (Transienten) schützen als auch leitungsgebundene Rückwirkungen des Gerätes auf das Versorgungsnetz abschwächen.

Zur Funkentstörung ist der Mittelpunkt der Entstörkondensatoren Y mit der Sekundärmasse bzw. dem Chassis des Empfangsgeräts und damit auch über die Antennenbuchse mit dem Schirm des Koaxialkabels verbunden. Zwischen seinem Schirm und Null-Leiter bzw. Phase steht damit eine (hochohmige) Spannung von 115 V an. Die bei Berührung durch den Menschen fließenden Ableitströme liegen weit unterhalb der Loslassschwelle und sind im ungestörten Betrieb ungefährlich. Nach DIN EN 60065 (VDE 0860) darf ein Grenzwert von 0,7 mA nicht überschritten werden. Wahrscheinlich hat jeder schon einmal beim Einstecken des Antennensteckers das auf die Y-Kondensatoren zurückzuführende „Kribbeln“ gespürt und die

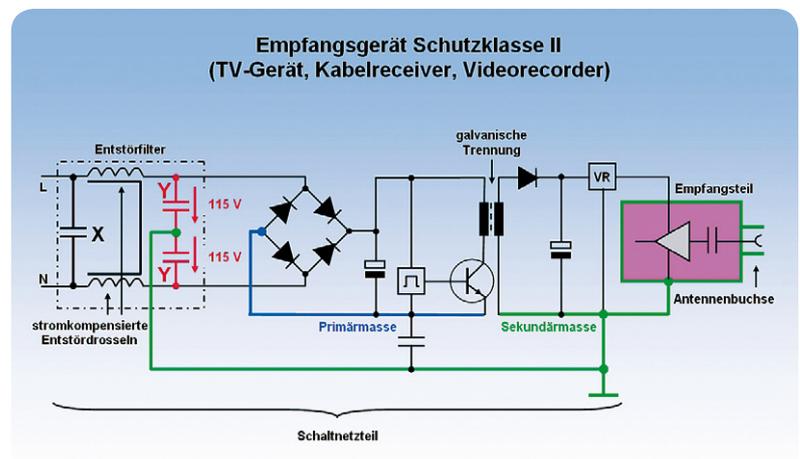


Bild 9: Die Entstörung von Empfangsgeräten der Schutzklasse II mit Schaltnetzteil durch zwei Y-Kondensatoren produziert Ableitströme über den Schirm des Antennenkabels.

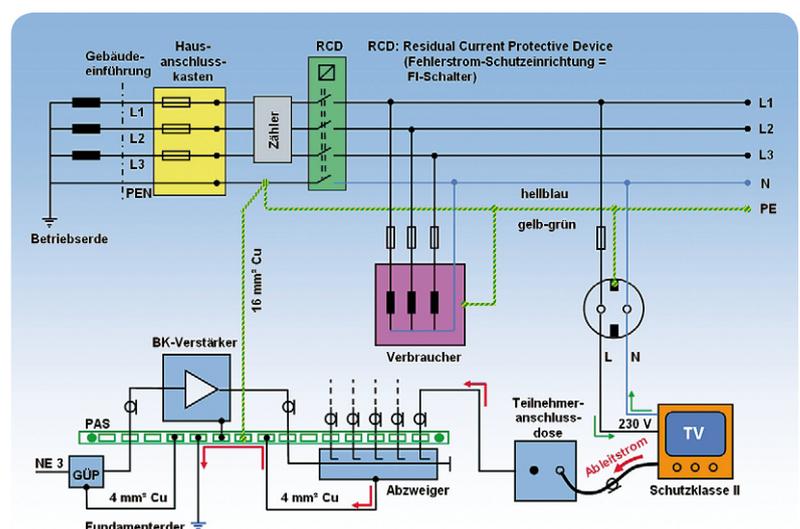


Bild 10: Weg des durch die Y-Kondensatoren im Schaltnetzteil des TV-Geräts hervorgerufenen Ableitstroms durch die BK-Verteilanlage.

kleinen Fünkchen beobachtet. Zusammengefasst: Die Y-Kondensatoren überbrücken in Erfüllung ihrer Entstöraufgabe die Betriebsisolierung des Gerätes und verursachen damit einen Ableitstrom. Aus Sicherheitsgründen müssen sie selbstheilend sein, dürfen also nicht dauerhaft durchschlagen. Schließlich würden sie dann eine Verbindung zwischen Phase und den berührbaren Teilen des Geräts, z. B. der Antennenbuchse, herstellen. Bild 10 erläutert, wie der Ableitstrom eines Fernsehgerätes seinen Weg über den Schirm des Empfängeranschlusskabels, die Steckdose und den Schirm der Koaxialverkabelung bis zum geerdeten Abzweiger nimmt, wo er weitgehend abgeleitet wird. An dieser Stelle summieren sich die einzelnen Ableitströme. Eine schlechte Erdung kann zu hohen Berührpotentialen und entsprechend unzulässigen, die Loslassschwelle des Menschen überschreitenden Körperströmen führen. Wird wegen Reparaturarbeiten der Kabel-Verstärker ausgetauscht und der Potentialausgleich entfernt, so besteht ohne Fehlerstromschalter für den Monteur und für alle BK-Teilnehmer eine erhebliche Stromschlaggefahr.

Ein weiterer Effekt ist ebenfalls zu beachten. Der vom TV-Gerät abfließende Betriebsstrom ist um den Ableitstrom verringert. Dies wird vom RCD (Residual Current Protective Device = Fehlerstromschalter, früher auch FI-Schalter genannt) als Fehlerstrom gewertet! Der Betrieb mehrerer derartiger Geräte kann also zum Auslösen des RCDs führen. Besonders gravierend ist es, wenn durch einen Fehler im TV-Gerät vom Benutzer berührbare leitfähige Teile (z. B. Antennenbuchse und Scart-Buchse) gegen Erde unter Spannung stehen. Ist der Kabelanschluss ordnungsgemäß in den Potentialausgleich einbezogen, fließt in diesem Fall ein Fehlerstrom über den Koaxialschirm. Wird der Bemessungsdifferenzstrom von z. B. 30 mA überschritten, löst der RCD-Schalter aus und unterbricht den Fehlerstromkreis. Ist kein RCD eingebaut, so muss sich ein ebenfalls über den Koaxialmantel fließender Fehlerstrom von z. B. 80 A (16 A x 5, B-Charakteristik vom Leitungsschutzschalter) ergeben, ehe der Stromkreis unterbrochen wird! Abgesehen von den geschilderten sicherheitsrelevanten Aspekten kann die Summe der Ableitströme zu Funktionsstörungen von datentechnischen und Hochfrequenz-Geräten führen. Deren Ursache ist oft schwierig auszumachen, weil es sich meist um vom Verbraucherverhalten abhängige und schwer vorhersehbare Phänomene handelt.

Vermeidung von Brummschleifen. In koaxialen Rundfunkverteilnetzen kann nur eine Unterbrechung oder Schwächung der Ströme im Schirm des Koaxialkabels (Mantelströme) – zweckmäßigerweise des Antennenanschlusskabels zwischen Antennensteckdose und Antenneneingang des Fernsehgeräts – den darauf beruhenden Transportmechanismus für Störungen außer Kraft setzen. Am einfachsten wäre das mit Antennensteckdosen zu bewerkstelligen, deren Ein- und Ausgang (Ausgänge) sowohl masse- als auch innenleiterseitig getrennt sind – wenn es die denn zu kaufen gäbe. So muss man mit den notwendigen Maßnahmen am Empfängeranschlusskabel ansetzen. Dafür gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

- **1. Kapazitive Kopplung.** Mantel und Schirm werden unterbrochen und über je einen Kondensator (Größenordnung 1 nF) wieder miteinander verbunden (Bild 11). Die relativ kleinen Kondensatoren schwächen die Weiterleitung niederfrequenter Ströme, die den energetisch größten Teil des Mantelstroms ausmachen.

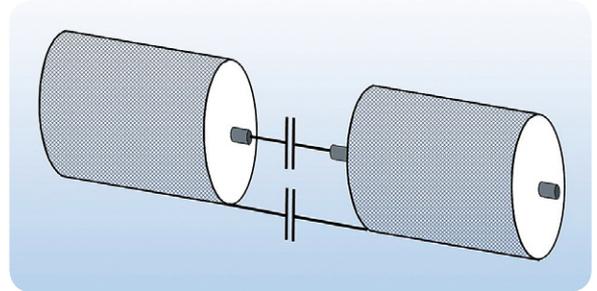


Bild 11: Kondensatoren im Innen- und Außenleiter eines Koaxialkabels blockieren gleich- und niederfrequente Ströme über Kabelschirme.

- **2. Induktive Kopplung.** Mantel und Schirm werden unterbrochen und jeweils mit Primär- und Sekundärwicklung eines Hochfrequenztransformators verbunden (Bild 12). Der Trafo unterdrückt unter seiner Grenzfrequenz liegende Störstrom-Frequenzkomponenten.

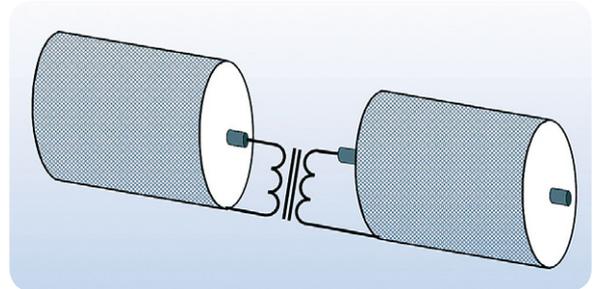


Bild 12: Alle Frequenzkomponenten, die unter der Grenzfrequenz des HF-Übertragers liegen, werden entsprechend gedämpft.

- **3. Ferrit-Mantelstromfilter.** Für die Dämpfung höherfrequenter Störungsanteile haben sich Ferrithülsen bewährt, die über das Kabel geschoben werden (Bild 13). HF-mäßig gesehen bilden sie im Zusammenwirken mit Innen- und Außenleiter des Koaxialkabels eine stromkompensierte Drossel, die daher nur Gleichtaktstörungen unterdrücken kann.



Bild 13: Auf das Koaxialkabel aufgeschobene Ferrithülsen dämpfen hochfrequente Mantelströme. Ist das Aufschieben nachträglich nicht mehr möglich, kann man klappbare Hülsen einsetzen.

Eine ähnliche Wirkung hat deshalb auch die Anordnung in Bild 14. Natürlich ist eine galvanische Trennung mit dieser Lösung nicht möglich – ein Gleichspannungspfad bleibt bestehen. Es ist sicher plausibel, dass die in 1. bis 3. beschriebenen Maßnahmen in Bezug auf die Schirmdämpfung des Kabels problematisch sind. Schließlich entsteht hier eine Inhomogenität, die nur schwer am Abstrahlen von Hochfrequenzenergie ge-

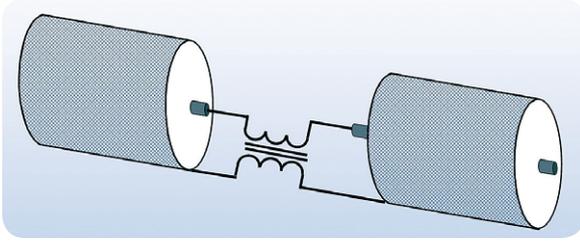


Bild 14: Ein derartig in das Koaxialkabel eingefügter HF-Transformator dämpft hochfrequente Gleichtaktstörungen, lässt aber den Gleichspannungspfad über das Kabel bestehen.



Bild 15: Das Silenzio Sat von HMS unterbricht Erdschleifen über den Kabelmantel, dämpft hochfrequente Ausgleichsströme und ist dennoch DiSEqC-tauglich.

hindert werden kann. Klasse-A-Kabel mit Mantelstromfilterung sind aus diesem Grund nicht ganz billig.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass auch ein Netztrenntrafo mit Schirmwicklung zwischen Steckdose und TV-Gerät ein Brummschleifenproblem lösen kann.

Zur Beseitigung von **Brummschleifen in Sat-ZF-Multischalteranlagen** sind einfache, kapazitiv oder induktiv galvanisch trennende Empfängeranschlusskabel (ground breaker) nicht geeignet, weil sie Gleichspannung und die Steuersignale zur Anwahl der Sat-ZF-Ebenen (14/18 V_{DC} mit oder ohne überlagerter 22-kHz-Schwingung bzw. DiSEqC-Befehle) nicht übertragen. Hier muss mehr Aufwand getrieben werden als beim HMS-Silenzio-Sat, das dafür aber knapp € 200,- kostet (Bild 15).

Optische Sat-ZF-Übertragung kennt natürlich wegen der nichtleitenden Lichtwellenleiter Spannungsverschleppungen in der Anlage sowie Einkopplung durch Störfelder aller Art prinzipbedingt nicht. In derartigen Anlagen besteht der hochfrequente Wohnungsübergabepunkt für das Sat-ZF-Signal aus einem Konverter, der das optische Sat-Signal so konvertiert, dass ein herkömmlicher Sat-Receiver wie an einem klassischen Multischalter arbeitet. Nun könnten Brummschleifenprobleme in Verbindung mit dem koaxialen Antennenkabel nur in der überschaubaren Verteilanlage der Wohnung auftreten und entsprechend einfach lokalisiert und beseitigt werden.

Vollständig behoben würden alle geschilderten Probleme durch eine durchgängig volloptische Signalübertragung aller HF-, Audio- und Videosignale und hochwertige Gerätenetzeile ohne Ein- und Auskopplung von leitungsgebundenen Störungen durch das Endgerät in das Stromnetz und aus ihm heraus. Aber von diesem Idealzustand sind wir (noch?) meilenweit entfernt.

Auswirkungen von Brummschleifen. Zu den Zeiten analoger PAL-Fernsehgeräte hatten sich Brummschleifen durch einen langsam durchlaufenden, horizontalen schwarzen Balken (bei 50-Hz-Brumm) oder zwei bei 100-Hz-Brumm manifestiert. Bei Hi-Fi-Komponenten waren dann die entsprechenden Brummtöne aus dem Lautsprecher zu vernehmen. Wenn die Störung nach dem Abziehen des Antennensteckers oder des Audiokabels verschwand, war der Beweis für eine Brummschleife als Ursache erbracht.

Im digitalen Zeitalter ist die Ursachenermittlung oft nicht so einfach. Durch die Digitalisierung mit Fehlerkorrektur äußern sich Mantelströme oder andere parasitäre Störungen bis zu einer gewissen Stärke weder im Bild noch im Ton. Bei einer weiteren Zunahme des Störpotentials zeigen sich in der schmalen Übergangszone zum Totalausfall Klötzchenartefakte bis hin zum Totalausfall von Bild und Ton. Da die meisten Störungen in ihrer Intensität von den Belastungsverhältnissen im Stromnetz und damit von der Tageszeit abhängen und die Empfangsverhältnisse wetterbedingt schwanken, ist die Fehlersuche oft frustrierend.

Empfehlungen. Um Störungen durch Brummschleifen so gut wie möglich vorzubeugen, empfiehlt es sich, alle Anlagenkomponenten des häuslichen Multimedia-Centers (Flachbildschirm, Set-Top-Box, Tuner, Verstärker, CD/DVD-Blu-ray-Player, Aktivboxen etc.) an einer gemeinsamen hochwertigen Steckdosenleiste anzuschließen. Oft ist auch zu beobachten, dass das Drehen des Netzsteckers einen Einfluss auf die Störungsintensität hat. Am besten prüft man mit einem Wechselspannungsvoltmeter in jeder Steckerstellung die Spannung zwischen Gerätemasse und Schutzkontakt und belässt den Stecker in der Position mit der geringsten Spannung. Auf jeden Fall sollte ein hochwertiges, galvanisch unterbrochenes Koaxialkabel oder ein galvanisches Trennglied zwischen Antennensteckdose und Antenneneingang des TV-Tuners eingesetzt werden. Auf gar keinen Fall darf man den Schutzleiter in der Steckdose abklemmen. Das löst zwar das Erdschleifenproblem, ist aber absolut vorschriftenwidrig und lebensgefährlich!

In Zukunft wachsende Probleme. Wohnungs- und gebäudeweite Installationen werden neben der klassischen koaxialen Antennenanlage zunehmend Datennetze nach Art einer strukturierten Verkabelung umfassen. Satellitenreceiver, TV-Geräte, Hi-Fi-Anlagen, Netzwerkspeicher und viele andere IP-basierte (Internet Protocol) vernetzbare Geräte mit RJ45-Ethernetbuchse stehen heute schon in den Regalen der Händler. Mit ihrem massenhaften Einsatz ist in der Praxis mit zusätzlichen Problemen zu rechnen. Vagabundierende Ausgleichsströme und Überspannungen bedrohen die Funktion solcher vernetzter Systeme und können zur Zerstörung ihrer Schnittstellen führen.

Fazit. Das beste Mittel gegen vagabundierende Ströme über die Schirmungen von Antennen- und Datenkabeln wäre ein Verzicht auf nichtlineare Lasten und Y-Kondensatoren. Weil dies gleichbedeutend mit einem Verzicht auf die moderne Elektronik mit ihrem hohen Energieeinsparpotential wäre, kann das wohl niemand ernsthaft wollen.

Aber man kann die Stromnetze so aufbauen, dass sie mit den Belastungen besser fertig werden. Dazu gehören großzügig dimensionierte Leiterquerschnitte und die Verlegung von fünf Leitern ab der Trafostation des Energieversorgungsunternehmens (durchgängiges TN-S-Netz!). Nur hier einmal Null- und Neutralleiter miteinander verbinden, dahinter nie mehr! Dann sind auch bei gebäudeübergreifenden Netzwerken keine Ausgleichsströme bzw. die damit verbundenen EMV-Probleme möglich.

In der heutigen Alltagsrealität kann die Potentialtrennung der miteinander kommunizierenden Geräte ein Rezept dagegen sein. Durch den Einsatz von Glasfasern als Übertragungsmedium treten ausgleichsstrombedingte EMV-Probleme ohnehin nicht auf.