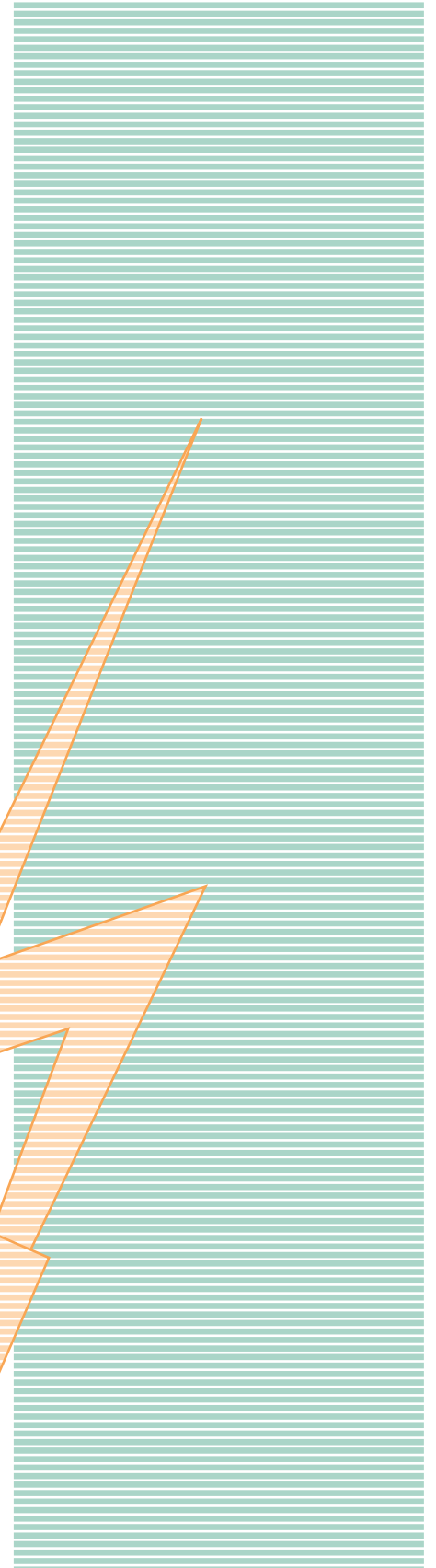


# Schadenverhütung in modernen Elektroinstallationen



## Schadenverhütung in modernen Elektroinstallationen

Eine hohe Personen-, Betriebs- und Anlagensicherheit in der Elektroinstallation ist das primäre Ziel aller Anlagenverantwortlicher in Industrie, Krankenhäusern und Gebäudesystemtechnik. Trotz normgerechter Ausführung durch Planer und Bauherrn verursachen jedoch moderne Verbraucher zunehmend Störungen in elektrischen Anlagen, die zu ungewollten Betriebsunterbrechungen, Sachschäden und demzufolge zu hohen Kosten führen.

### Gestörte Stromversorgung

Ungewollte Betriebsunterbrechungen und Störungen in Stromversorgungen verursachen letztlich immer hohe Kosten. Egal ob es sich dabei um den Ausfall einer einfachen Raumbelichtung oder Störungen in einem umfangreichen, vernetzten EDV-System handelt. Als Ursache stehen auf der einen Seite Isolationsfehler, „Vagabundierende Ströme“, Überlastungen von N-Leiter durch Oberschwingungen, Unterbrechungen von PE- und N-Leiter und nicht zuletzt EMV-Beeinflussungen. Auf der anderen Seite stehen die Auswirkungen wie ungewollte Betriebsunterbrechungen, Brandschäden, Beeinflussung von Schutzeinrichtungen, unerklärliche Funktionsstörungen und Schäden z. B. an Telekommunikations-, Brandmelde- und EDV-Anlagen, Korrosion an Rohrleitungs- und Blitzschutzsystemen. Abhängig vom jeweiligen Schadensort können so Kosten verursacht werden, die leicht einige tausend, wenn nicht sogar hundertausend Euro erreichen. Im folgenden werden sowohl die spezifischen Gefahren und Schadensursachen erläutert, als auch Maßnahmen zur Schadenverhütung für moderne Elektroinstallationen aufgezeigt.

### Isolationsfehler

Ein Isolationsfehler wird in den VDE-Bestimmungen als fehlerhafter Zustand einer Isolierung definiert. Isolationsfehler entstehen z. B. infolge von mechanischen, thermischen, chemischen Beschädigungen elektrischer Isolierungen. Aber auch Verschmutzung, Feuchtigkeit oder Schäden durch Flora und Fauna können die Isolierung soweit schädigen, dass über die Isolationsfehlerstellen ein ungewollter Fehlerstrom zum fließen kommt. Die Höhe dieses Stromes wird von der Leistung der Stromquelle, vom Erdungswiderstand und dem Isolationsfehler  $R_F$  bestimmt.

Dieser Fehlerstrom kann zwischen aktiven, stromführenden Leitern oder von aktiven, stromführenden Leitern über den Isolationsfehler und/oder leitfähigen Teile zur Erde fließen. Ist der Strom groß genug (vollkommener Kurz- oder Erdschluss), wird die vorgeschaltete Schutzeinrichtung ausgelöst und der fehlerbehaftete Verbraucher vom Netz getrennt. Reicht der Fehlerstrom jedoch nicht aus, um die Schutzeinrichtung zum Ansprechen zu bringen (unvollkommener Kurz- oder Erdschluss), besteht akute Brandgefahr, wenn die Fehlerleistung einen Wert von ca. 60 W an der Fehlerstelle übersteigt (ca. 260 mA bei 230 V). Einen sicheren und zuverlässigen Schutz davor bietet der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), die z. B. mit einem Bemessungsstrom unterhalb von 300 mA, eine sichere Abschaltung für den Gefahrenfall bewirken.

Gerade im EDV-Bereich hat jedoch ein Abschaltung oft weitreichende Folgen, so dass häufig auf den Einsatz von RCD's verzichtet wird. Hinzu kommt das Problem, dass in vielen EDV-Bereichen USV-Anlagen stehen, die nur eine begrenzte Kurzschlussleistung zur Verfügung stellen und so Sicherungen bzw. Sicherungsautomaten nicht zum Auslösen bringen, da die Abschaltbedingungen nicht eingehalten werden. Die Folge davon sind hohe Fehlerströme, die in Bezug auf den Personen- und Brandschutz kritische Werte annehmen können.

Als Ergänzung zu den bekannten Schutzeinrichtungen bietet sich hier der Einsatz von Differenzstrom-Überwachungsgeräten RCM (Residual Current Monitor) nach DIN VDE 0663 an. Diese Geräte ermöglichen eine gezielte Überwachung von Einzelgeräten oder Anlagenteilen und wahlweise eine Meldung bevor der eigentliche Ansprechwert der Schutzeinrichtung erreicht wird. In Verbindung mit einem Leistungsschalter kann eine Abschaltung unter definierten Bedingungen durchgeführt werden.

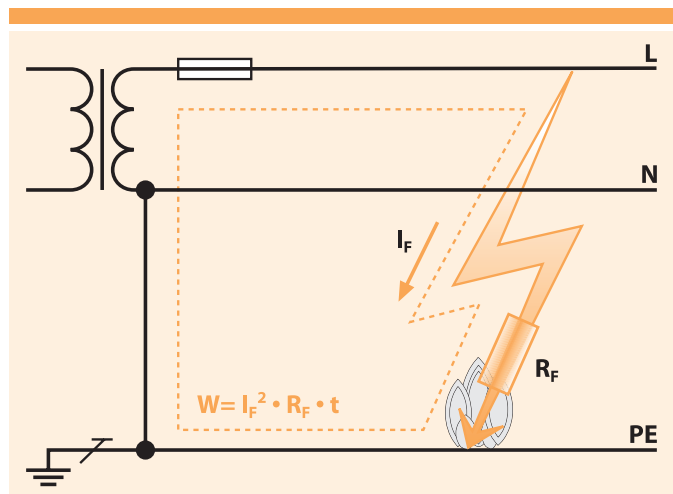


Bild 1: Widerstandsbehafteter Isolationsfehler

**Vagabundierende Ströme**

Obwohl das TN-S System schon seit längerer Zeit aus EMV-Gründen gefordert wird (z. B. DIN VDE 0800, DIN VDE 0100-540: 1991-11) sieht es in der Praxis häufig anders aus. Die Anlagen werden hauptsächlich unter Berücksichtigung des Personenschutzes und der Kostenoptimierung ausgelegt, so dass der N-Leiter ab einem gewissen Querschnitt (10 mm<sup>2</sup> Cu) gemeinsam mit dem PE als PEN-Leiter gestattet ist. Dadurch kann sich ein Teil des Rückleiterstromes (N-Leiter) über alle Erdungssysteme und Potenzialausgleichsleitungen verteilen, da der N-Leiter in jedem Etagenverteiler mit dem PE/PA-System verbunden ist. Als Folge davon fließen im gesamten Gebäude über alle leitfähigen (metallinen) Leitungen (z. B. Wasserleitungen, Heizungssysteme) hohe Ausgleichsströme, die zum Teil zu hohen elektromagnetischen Feldern führen, undefinierte Ausfälle verursachen und für schwierig zu findende Fehler an elektronischen Systemen verantwortlich sind. Außerdem können Korrosionen an Wasserleitungen mit stehendem Wasser, z. B. Sprinklerleitungen, auftreten. Verstärkt wird dieser Effekt durch die zusätzliche Belastung des N-/PEN-Leiters mit Oberschwingungsströmen. Grundsätzlich sollte in allen Stromversorgungen, in denen mit dem Einsatz von EDV-Komponenten gerechnet wird, das TN-S System eingesetzt werden. Dadurch werden die Rückleiterströme aus den vielen einzelnen Verbrauchern gezielt zur speisenden Quelle zurückgeführt und können sich nicht vagabundierend über niederohmige Erdungsverbindungen zum Trafosternpunkt zurückschleichen. Der N-Leiter darf dabei nur an einer zentralen Stelle mit dem PE-/PA-System eine Verbindung haben (vorzugsweise in der Niederspannungshauptverteilung). Diese Verbindung sollte mit einem Messstromwandler ausgerüstet werden, der die Verbindung permanent überwacht und den im Normalfall kleinen Ausgleichsstrom anzeigt und eine Alarm auslöst, wenn ein bestimmte Wert überschritten wird. Zusätzlich sollte auch das PE-System mit einem RCM überwacht werden, um die Belastung bzw. Nichtbelastung dieses Systems zu kontrollieren.

Die Forderung nach dem TN-S System sind z. B. in der DIN VDE 0100-710: 2002-11 „Stromversorgung für medizinisch genutzte Räume in Krankenhäusern und außerhalb von Krankenhäusern“ oder der DIN VDE 0800 Teil 2 „Fernmeldetechnik; Erdung und Potenzialausgleich“ enthalten. Auch in der IEC364-5-548, der DIN VDE 0100-540: 1991-11 Abs. 8.2.3 wird für Gebäude, in denen der Einsatz von informationstechnischen Anlagen zu erwarten ist, ausdrücklich ein sauber ausgeführtes TN-S System verlangt.

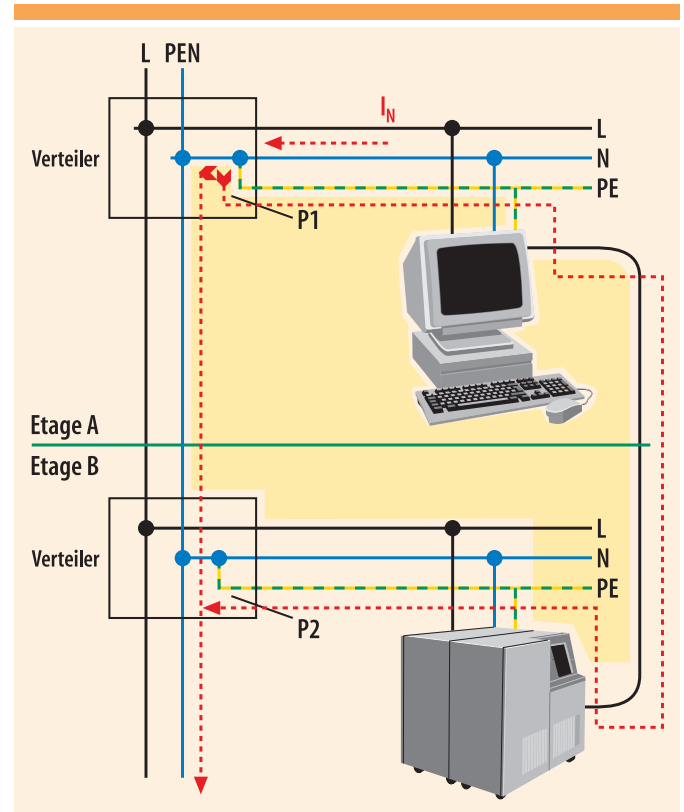


Bild 2: In einem TN-C System teilt sich an der N-PE-Brücke der Rückstrom auf und fließt über den PEN-Leiter und unerwünscht über die Netzwerksleitungen zurück. Bei Unterbrechung des PEN-Leiters sind sämtliche Geräte des Netzwerkes gefährdet.

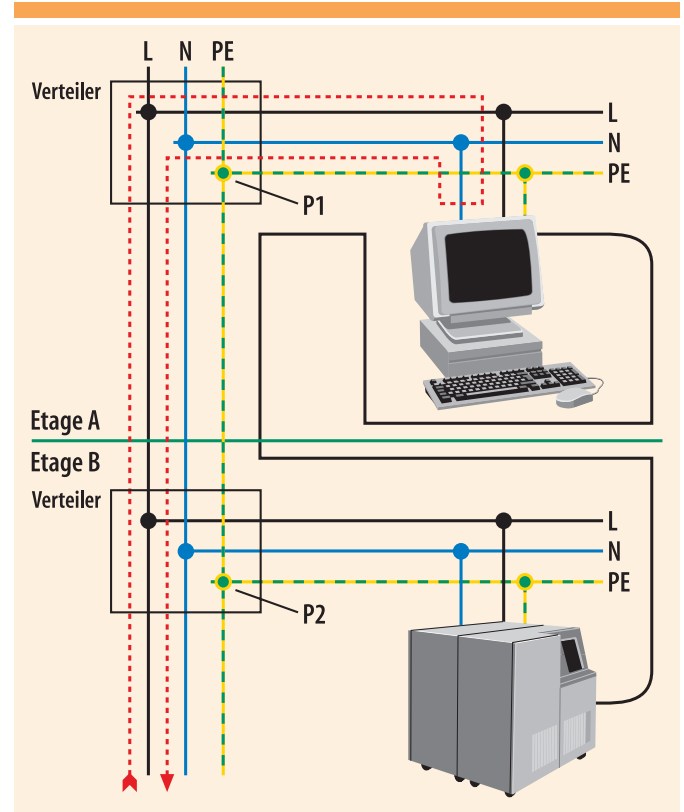


Bild 3: Der Schutzleiter führt keinen Strom, so dass die Punkte P1 und P2 auf gleichem Potential liegen.

### Oberschwingungen

Allgemein wird in der Elektrotechnik davon ausgegangen, dass die anliegende Spannung eine reine Sinusform aufweist. Die einzelnen Leiterspannungen sind in Drehstromsystemen um  $120^\circ$  gegeneinander phasenverschoben. Wird die Spannung mit linearen Verbrauchern (Widerstände, Induktivitäten, Kapazitäten) belastet, fließt ein ebenfalls linearer Strom, der je nach Last um den entsprechenden Phasenwinkel verschoben ist. Die graphische Addition der 3 Leiterströme ergibt zu jedem Zeitpunkt den Wert 0, sodass bei symmetrischer Belastung des Drehstromnetzes der Strom im N bzw. PEN-Leiter nahezu 0 A beträgt.

In modernen Elektroinstallationen kommen jedoch vermehrt nicht-lineare elektrische Verbraucher (PC mit Schaltnetzteilen, Lampen mit elektronischen Vorschaltgeräten, Drucker, Kopierer) zum Einsatz, die jeweils zwischen einen Außenleiter und dem N-Leiter angeschlossen werden und diesen zusätzlich mit Strömen der 3. Harmonischen Oberschwingung belasten. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Geräte weitgehend symmetrisch auf die Außenleiter verteilt werden. Unabhängig von der übrigen Lastverteilung fließen im N-Leiter die Summe der in den Außenleitern auftretenden 150 Hz-Ströme. Der hohe Anteil von Strömen der 3. Harmonischen Oberschwingung kann dann zu einer Überlastung des N-Leiters und eine nicht unerhebliche Brandgefahr bedeuten. Auch Schraub- bzw. Klemmverbindungen werden durch den thermodynamischen Wechsel stark beansprucht und können sich mit der Zeit lockern und zu einer Unterbrechung des N-Leiters führen. Diese Unterbrechungen können wiederum zu unkontrollierbaren Sternpunktverschiebungen und Spannungserhöhungen führen, die letztlich wiederum Geräte und Anlagenteile zerstören können.

Nach DIN VDE 0100-430:1991-11 „Schutz von Kabel und Leitungen bei Überstrom“ Abschnitt 9.2 ist im Neutralleiter weder eine Überstromerfassung noch eine Abschaltvorrichtung erforderlich, wenn der Querschnitt des Neutralleiters mindestens dem Querschnitt der Außenleiter entspricht. Ist der Querschnitt des Neutralleiters geringer als der des Außenleiters, so muss hierfür ein Schutz vorgesehen werden, der eine Überlastung verhindert. Auf diesen Schutz kann aber auch verzichtet werden, wenn der Neutralleiter durch die Schutzvorrichtung der Außenleiter bei Kurzschluss geschützt wird und der Höchststrom im Neutralleiter bei normalen Betrieb den Wert der Strombelastbarkeit des N-Leiters nicht überschreitet.

Nach den praktischen Gegebenheiten ist diese Normfestlegung jedoch unzureichend. Grundsätzlich sollte man den Einsatz von überschwingungserzeugenden Verbrauchern vermeiden oder reduzieren, was sich jedoch in der Praxis als unmöglich erweist. Deshalb sollten die Querschnitte von N- und PE nicht reduziert, sondern für die Oberschwingungslasten ausgelegt werden. Aber auch der Einsatz von entsprechenden Filtern sollte in Erwägung gezogen werden. Ganz wichtig ist eine permanente (Strom-)überwachung des N-Leiters. Dadurch wird das Überschreiten von kritischen Werten sofort erkannt und gemeldet. Geschieht dies in verschiedenen Anlagenbereichen, so kann der Verursacher leicht ausfindig gemacht werden. Als Stromüberwachung empfiehlt es sich hier Überwachungsgeräte einzusetzen, die mit einem Stromwandler arbeiten, um nicht eine weitere Trennstelle im N-Leiter zu verursachen.

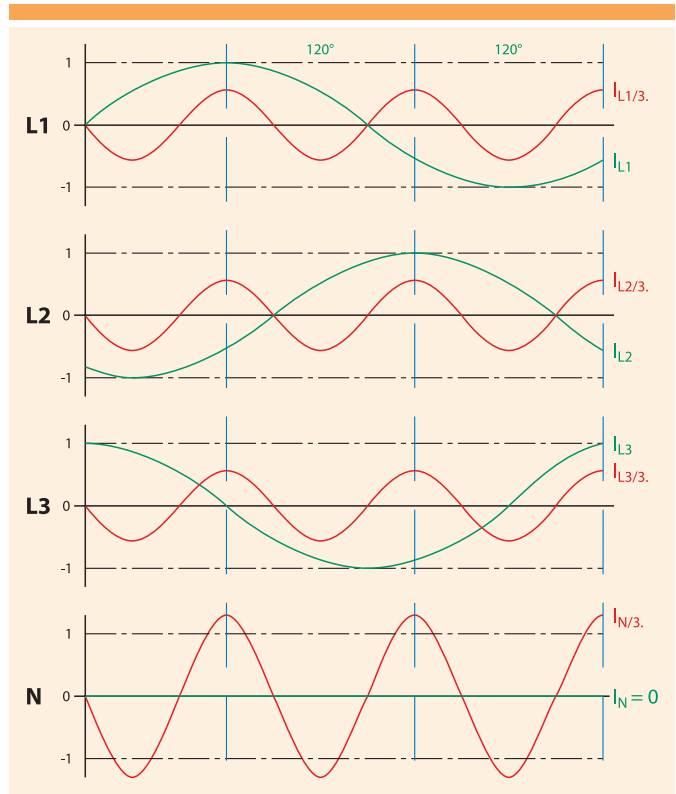


Bild 4: Die in den Außenleitern fließenden Oberschwingungsströme  $I_{L1/3} \dots I_{N/3}$  addieren sich im N-Leiter zum Strom  $I_{N/3}$ .

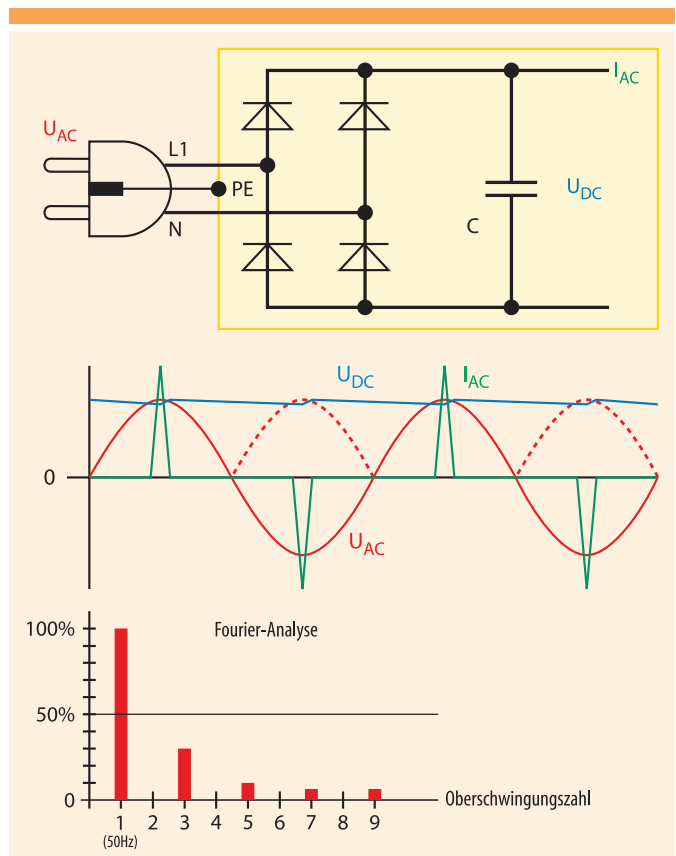


Bild 5: Moderne Verbraucher die Ursache von Oberschwingungen

## Unterbrechung PE-Leiter

Die Funktion der zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Geräte der Schutzklasse I hängt entscheidend von einem zuverlässigen Schutzleiteranschluss innerhalb der Gesamtinstallation ab. Ist der Schutzleiter unterbrochen, besteht eine erhöhte Gefährdung von Personen durch Berührungsströme. Außerdem können Fehlerströme, anstatt über den PE zurückfließen über Gebäudeteile und Datenleitungen zum Sternpunkt zurückfließen und dadurch Schnittstellen beschädigen oder zerstören. Als Maßnahme empfiehlt es sich, den PE zu überwachen.

## Was sind RCM's?

Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM, Residual Current Monitor) sind in der Lage, Fehler- bzw. Differenzströme im mA-Bereich zu erfassen. Dazu wird der über einen Messstromwandler erfasste Differenzstrom von einer Elektronik erfasst und ausgewertet. Durch optische und akustische Anzeigen wird signalisiert, ob der eingestellte Ansprechwert und Ansprechzeit überschritten wurde. Mit dem eingebauten Meldekontakt können sie wahlweise zum Melden oder Schalten eingesetzt werden. Die Möglichkeit der Meldung hat den Vorteil, dass wenn die Verfügbarkeit der Anlage absolute Priorität hat, keine unerwartete Abschaltung erfolgt. Außerdem sind durch die bei RCMs vorhandene Messwertanzeige auch schleichende Veränderungen leicht erkennbar. RCMs müssen der DIN EN 62020 (VDE 0663):1999-07 entsprechen und sind sowohl für reine Wechsel- als auch für pulsierende Gleichströme einsetzbar (Typ A). Auch für reine Gleichströme sind entsprechende Geräte erhältlich. Durch die Verwendung von externen Messstromwandlern sind sie leicht an die gegebenen mechanischen Anforderungen anpassbar. Dies gilt insbesondere auch für teilbare Wandler, die eine Nachrüstung in bestehenden Anlagen problemlos ermöglichen.

In komplexen Gebäudeinstallationen bieten sich sogenannte Differenzstrom-Suchsysteme (RCMS-Systeme) an. Diese auf der Basis des Differenzstromprinzips funktionierenden RCMS-Geräte sind in der Lage, pro Gerät bis zu 12 Messstromwandler bzw. Abgänge zu überwachen. Diese werden in einem bestimmten Zeitraster nacheinander abgefragt und geben bei Über- oder Unterschreiten des vorgegebenen Vor- oder Hauptalarms eine Meldung für den betreffenden Kanal aus. Nun ist es auch möglich bis zu 59 Differenzstrom-Überwachungsgeräte über eine RS485 Schnittstelle mit einem zentralen Bedien- und Auswertegerät (PRC1470) zu verbinden. Damit kann von einer zentralen Stelle aus z. B. Leitwarte oder Schaltschrank ein Gebäude oder Versorgungsabschnitt überwacht werden. Da diese Fehlererkennung während des Betriebs erfolgt, ist keine Abschaltung der Anlage erforderlich.

## Systemeigenschaften:

- Anschluss von 59 RCMS-Auswertegeräten (max. 708 Messstellen)
- Einstellbarer Ansprechwert von 1 mA - 2250 A pro Messstelle
- Über- oder Unterstromfunktion, Fensterfunktion
- Großer Frequenzbereich: Oberwellen werden erfasst
- Anschluss von geschlossenen, teilbaren oder flexiblen Messstromwandlern
- Zentrales Bedien- und Anzeigetableau für alle RCMS-Auswertegeräte mit Parametrier- und Testfunktion, programmierbarer Klartextanzeige, Historienspeicher mit Zeitstempel, parametrierbare Ein- und Ausgangsrelais und EIB-Anschluss
- Anbindung an die Leittechnik mit Gateways

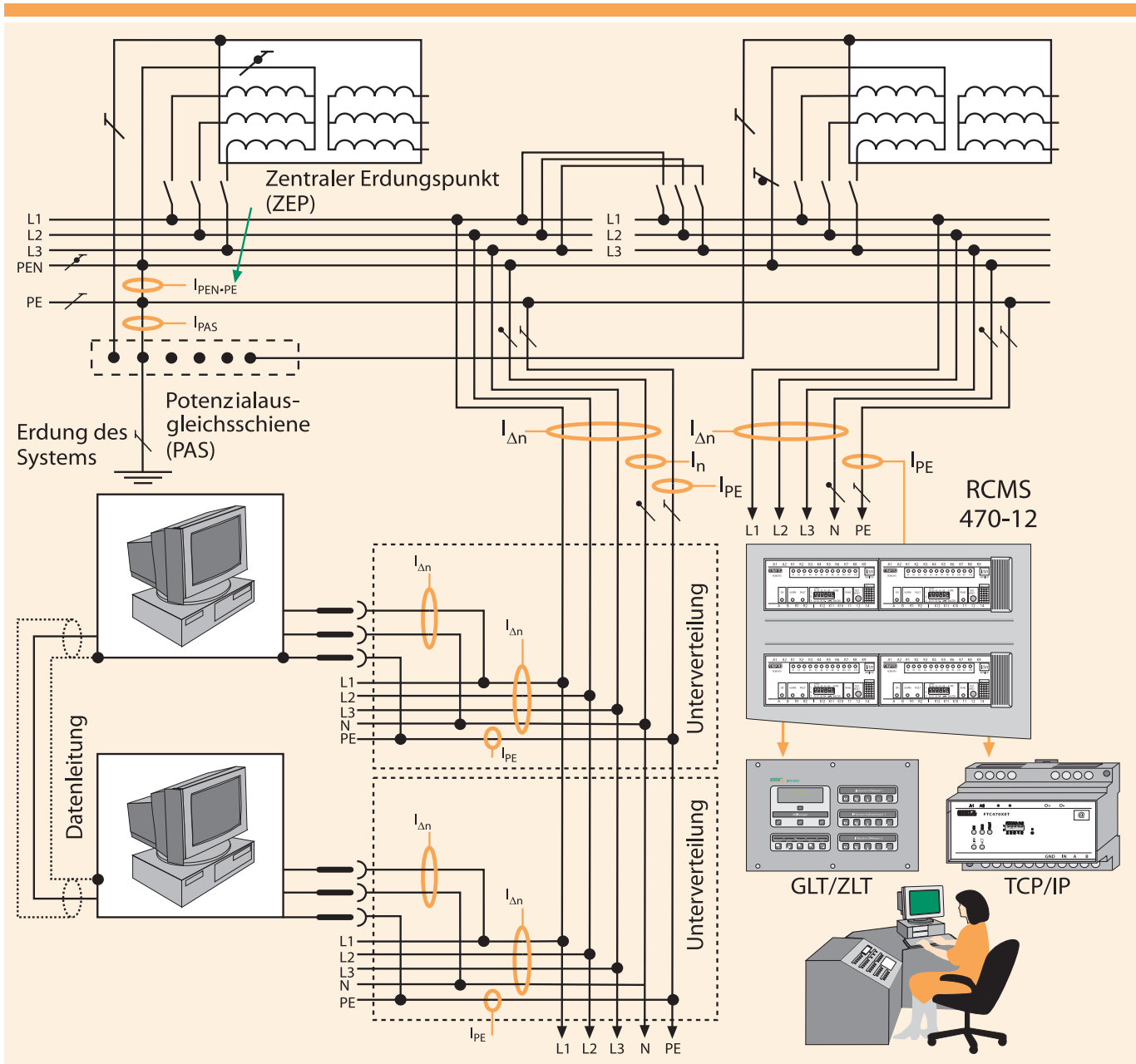


Bild 6: Übersicht einer störungsarmen Elektroinstallation mit den verschiedenen Überwachungsmöglichkeiten durch ein RCMS Scanningsystem und einem zentralen Bedien- und Anzeigetableau.

$I_{\Delta n}$  = Überwachung Differenz- bzw. Fehlerströme  
 $I_{PE}$  = Überwachung PE-Leiter (Unterbrechung / Überstrom)  
 $I_{PAS}$  = Überwachung Strom Potenzialausgleich

$I_n$  = Überwachung N-Leiter (Unterbrechung / Überstrom)  
 $I_{PEN+PE}$  = Überwachung Brücke PEN-PE

Anmerkung: Im normalen Betrieb des TN-Systems mit Mehrfacheinspeisung wird der PEN-Leiter nur mit seiner Funktion als Neutraleiter verwendet.

### Forderungen für eine sichere Elektroinstallation

Für ein Gebäude mit moderner Kommunikationstechnik muss sich die Elektrotechnik an den herrschenden Bedingungen orientieren und anpassen. Dazu gehören unter anderem:

- Schaffung und Erhaltung eines stromtragfähigen, niederohmigen Erdungssystems
- Nachweislich keine Arbeitsströme auf dem PE-/PA-System
- Keine Mehrfacherdung des N bei Mehrfacheinspeisung
- Keine reduzierten Kabelquerschnitte für N und PE zulassen
- Kabelquerschnitte für Oberschwingungslasten auslegen
- Keine Einzelader vom Trafo zur NSHV (verdrillte Kabel)
- Keine PEN-Leiter im gesamten Gebäude zulassen
- Kompensationsanlagen im Nulldurchgang ansteuern
- Überspannungsschutz für Kompensationsanlagen
- **Differenzstromüberwachungsgeräte RCM verwenden**
- Permanentes Energiemonitoring aller Parameter
- Anlagen prüffähig aufbauen – Messpunkte zugänglich ausführen
- Dokumentation und Beschriftung von Kabel und Anlagen
- permanentes Lernen und Anlagen fachgerecht warten
- Umrüstung von TN-C bzw TN-C-S Systemen auf durchgängiges TN-S -System ab dem Einspeisepunkt (Trafo)

### Verfasser

Dipl.-Ing. Helmut Muhm/Dipl.-Ing. Wolfgang Hofheinz  
Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co. KG  
Londorfer Straße 65 • 35305 Grünberg

### Literatur

- (1) **„Die verPENnte elektroinstallation“ Dipl.-Ing. Karl-Heinz Otto, öffentlich bestellter Sachverständiger**  
Lage-Lippe, aus „Der Sachverständige“ Juni 1999, Verlag Dr. Wißner, Augsburg
- (2) **Brandschadenverhütung in elektrischen Anlagen Adalbert Hochbaum**  
VDE-Schriftenreihe Band 85, VDE-Verlag Berlin
- (3) **VdS-Richtlinie VdS 2349: 2000-02 (01) „Störungsarme Elektroinstallation“**  
VdS Schadensverhütung, Köln
- (4) **Fehlerstromüberwachung in elektrischen Anlagen**  
Wolfgang Hofheinz, VDE-Schriftenreihe Band 113, 2002
- (5) **DIN VDE 0800 Teil 2: 1995-07**  
„Fernmeldetechnik; Erdung und Potentialausgleich“
- (6) **DIN VDE 0100 Teil 540: 1991-10**  
„Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter“
- (7) **DIN VDE 0100 Teil 430: 1991-11**  
„Schutzmaßnahmen: Schutz von Kabel und Leitungen bei Überstrom“
- (8) **DIN VDE 0100-710 ( VDE 0100 Teil 710): 2002-11**  
Errichten von Niederspannungsanlagen „Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art, Teil 710: Medizinisch genutzte Bereiche“
- (9) **DIN EN 62020 (VDE 0663): 1999-07**  
„Elektrisches Installationsmaterial – Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendungen (RCMs) (IEC 62020: 1998); Deutsche Fassung EN 62020: 1998“
- (10) **IEC 62020 (VDE 0663):1998-08**  
„Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)“
- (11) **EN 62020: 1998-10**  
„Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs) (IEC 62020: 1998“

### Hinweis:

Die Technische Information und die darin enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherungen in elektronische Systeme, insbesondere zu kommerziellen Zwecken, sind ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Wir übernehmen keine Gewähr und Haftung für fehlerhafte und unterbliebene Eintragungen. Alle Daten basieren auf Herstellerangaben. Alle Logos und Produktbezeichnungen sind eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Hersteller.

**Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co. KG**

Postfach 1161 · 35301 Grünberg · Germany

Londorfer Straße 65 · 35305 Grünberg · Germany

Tel.: +49 (0) 6401 / 807-0 · Fax: 807 259

E-Mail: [info@bender-de.com](mailto:info@bender-de.com) · [www.bender-de.com](http://www.bender-de.com)

