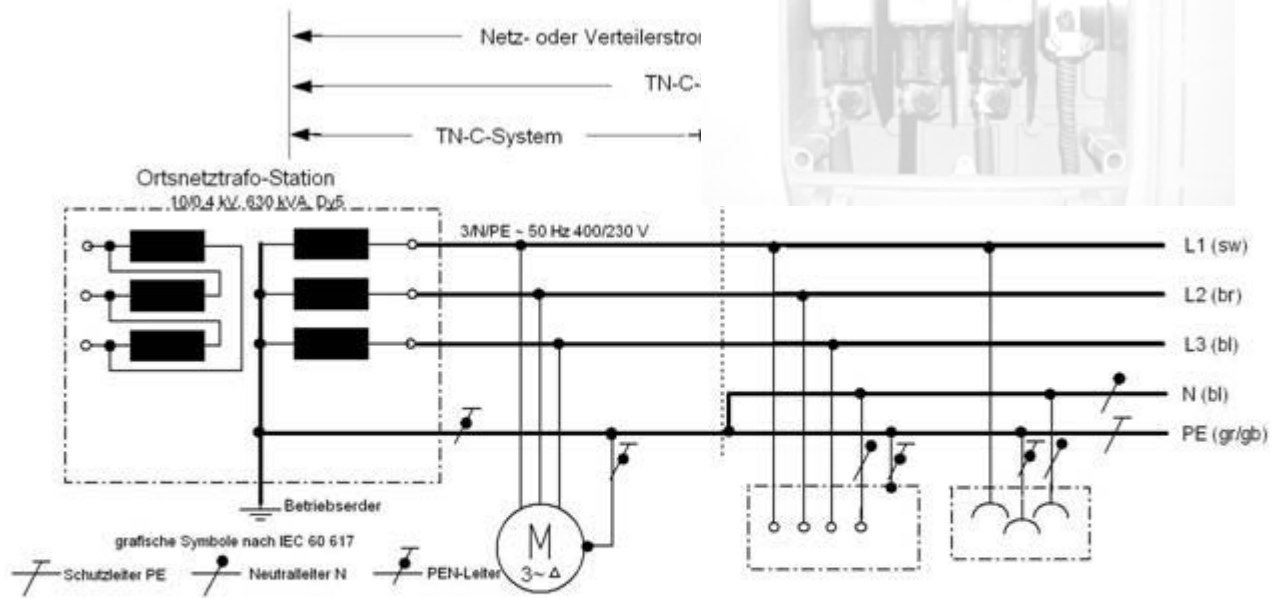


# Das TN-C-S-System



## Einführung

Auf dem mehr oder weniger langen Weg vom Erzeuger zum Endverbraucher (Verbundnetz; über Haupt-, Unter- und Verbraucherverteiler) z.B. zum Aufzugsmotor oder zur Steckdose, Glühlampe, etc. in einer Wohnung ist die vorletzte Station der elektrischen Energie die **Netzstation** im örtlichen Versorgungsgebiet. Diese ist üblicherweise stationär ausgeführt. Hier wird die Energie von Mittelspannung (1 bis 10 kV) auf Niederspannung (400 V) transformiert. Dazu gehört ein Trafo, der aus einer Primär- und Sekundärwicklung besteht. Wegen des zulässigen Spannungsfalls (früher: Spannungsabfall) von 0,5 % der Nennspannung am Zählereingang wird sich dieser Trafo immer mehr oder weniger in der näheren Umgebung (100 m bis 5 km) befinden. Bei diesem Trafo in der Trafo- oder Netzstation geht es darum, **wie der Sternpunkt der niederspannungsseitigen Wicklungen geerdet** ist. Er ist unsere Stromquelle bei allen weiteren Betrachtungen, insbesondere bei der Schleifenimpedanz. Bitte gut merken: Der 1. Buchstabe der Bezeichnung kennzeichnet die Art und Weise der Erdung des Sternpunktes der Stromquelle, also des Trafos in unserer unmittelbaren Umgebung (da gibt es einen, ganz sicher, auch wenn nicht für jeden sichtbar). Der 2. Buchstabe kennzeichnet die Art und Weise der Erdung der Körper der Betriebsmittel. Nunmehr gibt es 3 Möglichkeiten (aus dem TN-C-System werden die beiden Teilsysteme TN-S und TN-C-S abgeleitet):

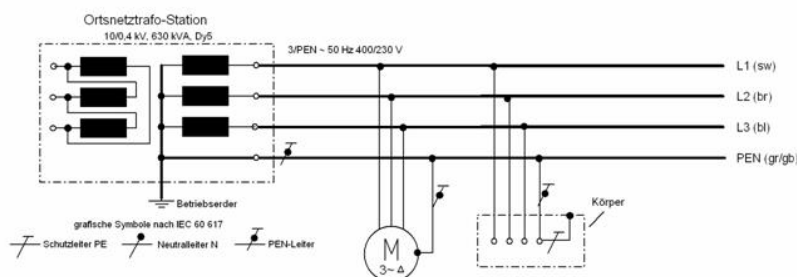
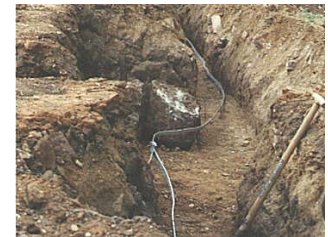


Bild 1: TN-C-System; bevorzugtes System für Flächen- und Verteilungsnetze oder für den Anschluß reiner Drehstromverbraucher  
In Verbraucheranlagen nicht EMV-freundlich



Erdkabel TN-C—Netz

### 1. Das TN-C-System (Erde, Neutral - Kombiniert)

Der Sternpunkt ist niederohmig geerdet und von diesem Sternpunkt aus wird ein Leiter, fortan als **PEN-Leiter** bezeichnet, zusammen mit den drei Außenleitern in einem Kabel bis zur Kunden- (Verbraucher- bzw. Verteiler-) Anlage geführt. Dieses System wird mitunter auch als Vierleiter-System bezeichnet. Als Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen wird die „Abschaltung der Stromversorgung“ nach DIN VDE 0100 Teil 410, Ziffer 413.1.1.1, (früher war das die typische „klassische Nullung“) angewendet. Nach Ziffer 413.1.3.8 darf eine RCD (FI) in diesem System nicht verwendet werden. Da einphasige Verbraucher nicht mehr (klassisch) genullt werden dürfen, können diese hier auch nicht angeschlossen werden. Vom Prinzip her ist zwar keine weitere Erdung erforderlich, jedoch soll nach Ziffer 413.1.3 der PEN-Leiter möglichst nach dem Eintritt in Gebäude oder baulichen Anlagen mit einem Erder verbunden werden. Mit dieser Maßnahme soll erreicht werden, dass der Schutzleiter in jedem Teil der Anlage möglichst nahe am Null- oder Erdpotenzial bleibt. Diese Forderung wird i.d.R. dadurch erfüllt, dass der PEN-Leiter auf den Haupt-Potenzialausgleich geklemmt wird. Dadurch werden zugleich die Zuverlässigkeit, die Verfügbarkeit der Stromversorgung und der Überspannungs- und Blitzschutz verbessert.

# Das TN-C-S-System

## 2. Das TN-S-System

Der Sternpunkt im TN-S- System ist niederohmig ausgeführt. Von diesem Sternpunkt gehen fortan zwei Leiter, zusammen mit den drei Außenleitern in einem Kabel bis zur Kundenanlage. Diese beiden Adern sind der **PE-Leiter** (grün-gelber Schutzleiter) und der **N-Leiter** (hellblauer Neutralleiter). Dieses System wird mitunter auch als Fünfleiter-System bezeichnet.

Als Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen wird die „Abschaltung der Stromversorgung“ nach DIN VDE 0100 Teil 410, Ziffer 413.1.1.1, angewendet. Als zusätzlicher Schutz kann eine RCD verwandt werden, z.B. als Isolationswächter für den Brandschutz; die Betonung liegt auf zusätzlich, die „Abschaltung der Stromversorgung“ ist vorrangig.

In besonders kritischen Fällen werden RCD sogar gefordert, z.B. in Bädern und für Außen-Steckdosen (DIN VDE 0100 Teil 701 und Teil 702). In der Literatur wird für das „TN- System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung“ auch das Synonym „schnelle oder FI- Nullung“ verwendet.

Der Schutzleiter PE darf für nichts anderes verwendet werden, als eben für die Realisierung der Schutzmaßnahme, indem er alle leitfähigen Anlageteile, Gehäuse, etc.

**untereinander und mit diesem Sternpunkt verbindet.** Das ist im übrigen auch das Hauptmerkmal des TN- Systems, dass es eine direkte und unmittelbare elektrisch (metallisch) leitende Verbindung zwischen den Körpern der Betriebsmittel und dem Sternpunkt in der Netzstation gibt. In der EN 81-1 und -2 heißt es unter der Ziffer 13.1.5, dass Neutralleiter und Schutzleiter immer getrennt sein müssen. Das ist wohl als Aufforderung zur Anwendung des TN-S-Systems zu verstehen.

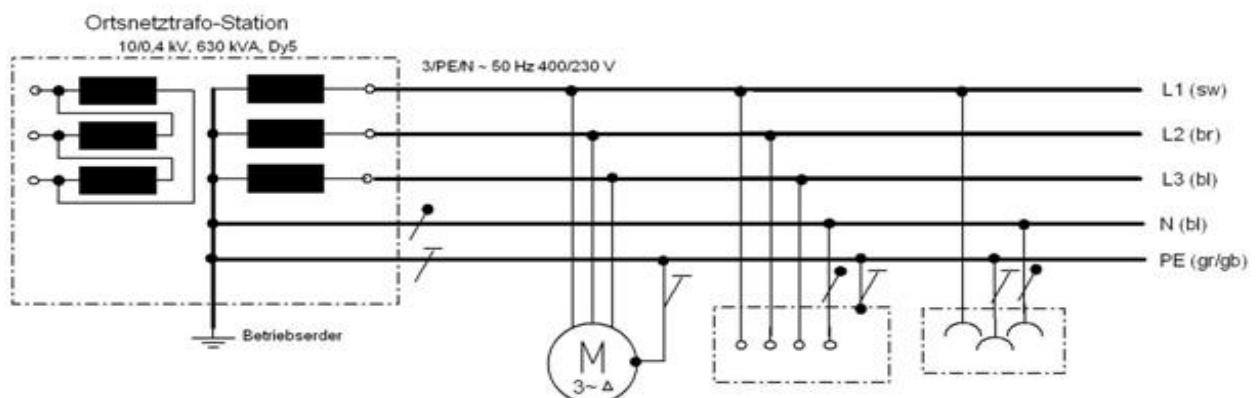
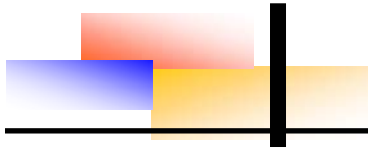


Bild 2: TN-S-System; bevorzugtes System für elektrische Anlagen in Gebäuden; bevorzugt für Gebäude mit hoher Anforderung an die EMV; EMV-freundlich



# Das TN-C-S-System

## 3. Das TN-C-S-System

Es besteht aus dem TN-C- **und** dem TN-S-System. Es ist das am häufigsten verwendete System. **C** steht für kombiniert; der PEN-Leiter ist also für alles zuständig, nämlich für den Schutz als Schutzleiter (PE) als auch für den Betriebsstromkreis als Rück- oder Neutralleiter (N). Er ist grün-gelb gekennzeichnet, weil die Schutzfunktion Priorität hat. **S** steht für separat, d.h. es gibt je einen separaten Schutzleiter für die Schutzfunktion (grün-gelb) und einen zum Betriebsstromkreis gehörenden Neutralleiter (blau).

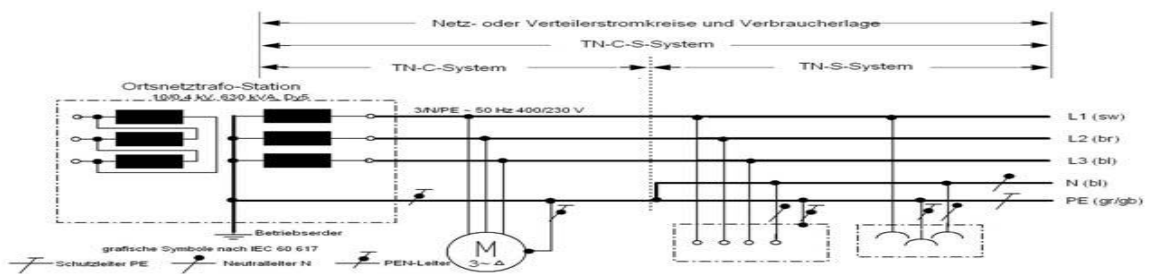


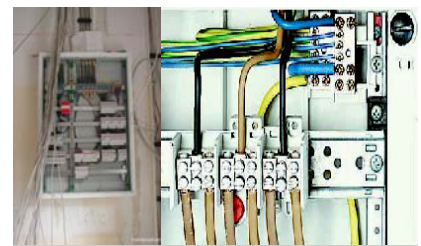
Bild 3: TN-C-S-System; im ersten Teil sind die Funktionen des Neutralleiters (N) und des Schutzleiters (PE) kombiniert (PEN-Leiter); im zweiten Teil des Systems sind Neutralleiter (N) und Schutzleiter (PE) getrennt. In Verbraucheranlagen nicht EMV-freundlich.



Netzstation (Trafohaus)  
Sternpunkt geerdet



Hausanschluss  
(TN-C-System)



Aufteilung des PEN - Leiters in  
Nullleiter und Schutzleiter

Allein aus wirtschaftlichen Erwägungen wird in den öffentlichen Verteilungsnetzen das TN-C-System (Vierleitersystem, bestehend aus L1, L2, L3 und PEN) bis zum Hausanschluss oder gar bis zu einem Hauptverteiler geführt. Der Leitungsquerschnitt des PEN-Leiters muss hierbei mindestens  $10 \text{ mm}^2$  sein. Am Hausanschluss oder in einem Hauptverteiler innerhalb eines Gebäudes wird dann der PEN-Leiter in den PE-Leiter (Schutzfunktion, grün-gelb) und den Neutralleiter N (Betriebsstromkreis, hellblau) aufgetrennt.

Es soll an dieser Stelle daran erinnert werden, dass unser Drehstromsystem zwei Spannungsebenen zur Verfügung stellt, nämlich drei mal die Leiter-Leiter-Spannung (400 V) und drei mal die sogen. Leiter-Erde-Spannung von 230 V. Wir können also problemlos drei- und einphasige Verbraucher an unserem System betreiben. Für die letzteren ist der Neutralleiter (früher Nullleiter oder Mittelpunktleiter) erforderlich und damit dürfte auch klar sein, warum er zum Betriebsstromkreis gehört.

Im reinen Drehstromsystem (also alle Drehstromverbraucher mit  $3 \times 400 \text{ V}$ ) ist kein Neutralleiter erforderlich, weil die Augenblicksspannungen und -ströme zu jedem Zeitpunkt 0 (Null) sind; es wird von einer symmetrischen Belastung gesprochen. In der Praxis lassen sich die drei Leiter-Erde-Spannungen nicht gleichmäßig verteilen. Denken wir an ein Haus mit vielen Wohnungen; jede Wohnung wird bekanntlich von den drei Außenleitern und dem gemeinsamen Neutralleiter versorgt. Bei ungleichmäßiger oder unsymmetrischer Belastung fließt ein Rückstrom zum Sternpunkt über den Neutralleiter.

## Schutzmaßnahmen der Systeme

### Bausteine einer Schutzleiter-Schutzmaßnahme

Vier Elemente braucht die (Schutzleiter-) Schutzmaßnahme:

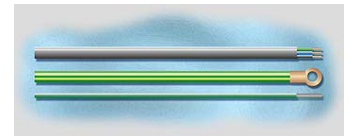
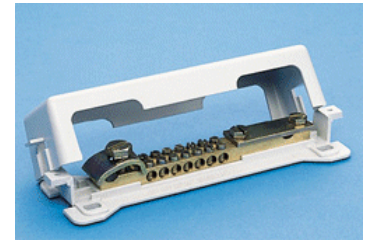
- Erder
- Potenzialausgleich
- Schutzleiter
- Schutzeinrichtung

Ein Element weniger braucht die FI- Schutzschaltung:

- Erder
- Schutzleiter
- RCD

Zum Funktionieren der vorgenannten Schutzleiter-Schutzmaßnahmen sind also immer folgende Bausteine erforderlich :

- ein Erder (Einzel- oder Fundamenterder, etc.)
- ein Hauptpotenzialausgleich
- ein Schutzleiter
- Schutzeinrichtung (Überstrom- und evtl. RCD [FI]-Schutzeinrichtung)



### Folgende Schutzeinrichtungen müssen / dürfen im TN-C-S- Netz eingesetzt werden:



#### Muss vorhanden sein:

Leitungsschutzschalter nach VDE 0641 oder Leistungsschalter nach den Normen der Reihe VDE 0660 Teil 101.



#### Soll bzw. muss vorhanden sein:

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen-RCD (FI); die Kennwerte müssen VDE 0664 Teil 1 und Teil 2 entsprechen.

**Potenzialausgleich** ist das Beseitigen von Potenzialunterschieden (Spannungen), z.B. zwischen Schutzleitern (Null-Leitern, PEN-Leitern), leitfähigen Rohrleitungen und leitfähigen Gebäudeteilen sowie zwischen diesen Rohrleitungen und Gebäudeteilen ggf. untereinander. Die sehr umfangreiche und verknüpfungsin-  
tensive Elektroinstallation, sowie die Anzahl und die Verwendungsarten und Ver-  
wendungsmöglichkeiten elektrischer Betriebsmittel in praktisch allen Räumen eines  
Gebäudes führen im Fehlerfall zu einer völlig unübersichtlichen Ausbreitung der  
Fehlervspannung.



## Fehlerursachen und Fehlerarten

Es ist die alleinige und ureigenste Aufgabe einer elektrischen Schutzmaßnahme, im Fehlerfall die beiden maßgeblichen physikalischen Größen **Strom** (die Stromstärke) und **Zeit** (die Dauer der Stromeinwirkung) **zu begrenzen**.



Schutzmaßnahmen dienen im allumfassenden Sinn dem Personen- und Sach- (Brand-) schutz. Sie müssen dann wirksam werden, wenn Fehler oder Funktionsstörungen einzelner Bauelemente oder ganzer Anlagenteile auftreten. Fehlerursache sind immer unerwünschte Verbindungen, die durch ungünstige Umgebungsbedingungen, Erreichen der Lebensdauerergrenze oder auch durch mechanische, chemische, thermische etc. Einwirkungen manchmal plötzlich, oft aber erst allmählich entstehen. Man bezeichnet eine fehlerhaft zustande gekommene Verbindung als



**Erdschluss**, wenn ein aktiver Leiter in eine leitende Verbindung mit geerdeten Teilen, z.B. der Rückleitung, tritt;



**Kurzschluss**, wenn mit betriebsmäßig unter Spannung stehenden Leitern eine Verbindung zustande kommt;



**Körperschluss**, wenn ein aktiver Leiter Verbindung mit dem leitfähigen Gehäuse (Körper) eines Betriebsmittels hat;



**Leiterschluss**, wenn im Drehstromsystem zwei aktive Leiter mit unterschiedlicher Spannung in Verbindung treten;

**Windungsschluss**, wenn infolge defekter Basisisolierung eine oder mehrere Windungen (die einzelne Leiterschleife einer Wicklung heißt Windung) einer Wicklung kurzgeschlossen oder auch überbrückt werden;



**Wicklungsschluss**, wenn eine fehlerhafte Verbindung zwischen zwei oder mehreren Wicklungen (z. B. in Motoren, Generatoren, Elektromagneten, Drosseln, Wandlern, Transformatoren) zustande kommt.

Oder mit anderen Worten: die beiden wichtigsten Werkstoffarten der Elektrotechnik sind Leiter- und Nichtleiter-(Isolier-) Werkstoffe. Wenn es in diesem wohlabgestimmten Gefüge innerhalb eines Betriebsmittels untereinander oder zwischen einander zu Störungen kommt, entstehen gefährliche Betriebszustände.

**Unfallort Baustelle:** Ein 46-jähriger säuberte nach getaner Arbeit sein Werkzeug in einer wassergefüllten Zinkwanne. Er zog mit nassen Händen den Stecker der Kabeltrommel aus der Steckdose und stützte sich dabei mit der linken Hand auf den Wannrand. Er erlitt hierbei einen tödlichen Schlag.

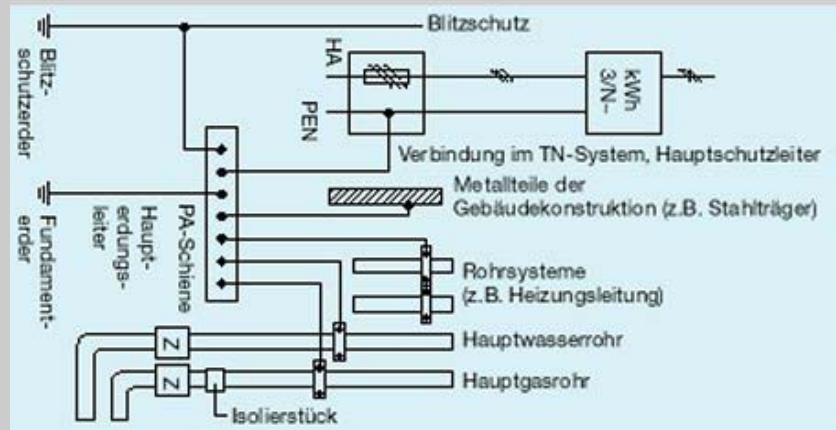
**Im Klärwerk Köhlbrand** haben sich heute Nachmittag zwei Arbeiter schwer verletzt. Die Arbeiter erlitten schwere Verbrennungen durch Stromschläge.

# Das TN-C-S-System

## Potenzialausgleich

### Potenzialausgleich

Potenzialausgleich ist das Beseitigen von Potenzialunterschieden (Spannungen), z.B. zwischen Schutzleitern (Null-Leitern, PEN-Leitern), leitfähigen Rohrleitungen und leitfähigen Gebäudeteilen sowie zwischen diesen Rohrleitungen und Gebäudeteilen untereinander. Die sehr umfangreiche und verknüpfungsintensive Elektroinstallation sowie die Anzahl und die Verwendungsarten und Verwendungsmöglichkeiten elektrischer Betriebsmittel in praktisch allen Räumen eines Gebäudes führen im Fehlerfall zu einer völlig unübersichtlichen Ausbreitung der Fehler-spannung. Die Ausbreitung von Fehlerspannungen wird durch leitfähige Rohrsysteme (Gas, Wasser, Heizung) und/oder leitfähige Konstruktionsteile (Träger, Stützen, Gerüste, Leitern, Abdeckungen, Gitter, Gehäuse, etc.) erst möglich bzw. begünstigt. Dabei spielt das Material/die Leitfähigkeit der Teile

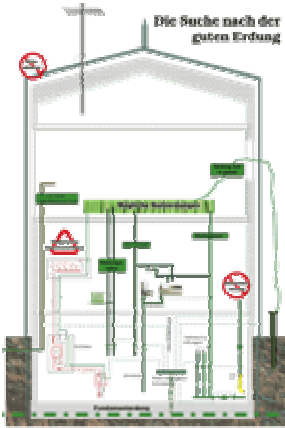


vordergründig keine Rolle, denn ob z.B. 230 V an Alu, Stahl oder Kupfer anliegen, ist gleichgültig. Es herrscht ein Potenzial von 230 V zwischen Erde und der Oberfläche dieses Materials. Wenn ich nun mit meinem Körper (Hand und Füße) dieses Potenzial überbrücke, dann erhalte ich einen elektrischen Schlag. Dieser kann recht gefährlich, ja sogar tödlich sein. Der Strom, der dann fließt, ist abhängig von diversen Widerständen (trockene oder feuchte Haut, Stromweg, etc.). Ein Strom größer 30 mA ist i.d.R. tödlich. Aber wie kommt es nun überhaupt zu Fehler- bzw. zu gefährlichen Spannungen? Ein Defekt in der Betriebsisolation, ein Drahtbruch z.B., bei dem das spannungsführende Ende gegen das leitfähige Gehäuse stößt, oder andere ähnliche Ereignisse, führen zu einem Körperschluss. Ein Körperschluss eines Betriebsmittels (Bügeleisen, Heißwasserbereiter, Elektromotor; es gibt Hunderte davon), der, aus welchen Gründen auch immer, **nicht** zur Abschaltung des Betriebsmittels führt, kann zu derartigen Fehlerspannungen/Spannungsverschleppungen führen. Aufgabe des Potenzialausgleichs ist es nun, durch eine niederohmige leitende Verbindung die leitfähigen Rohrsysteme und Konstruktionsteile zum einen untereinander und zum anderen über die Hauptpotenzialschiene mit der Erde zu verbinden. Nunmehr haben der Wasserhahn und der Heizkörper das gleiche Potenzial, denn sie sind untereinander und mit der Erde leitend verbunden. Es gibt also keinen Spannungsunterschied mehr zwischen einem elektrisch leitfähigen Teil und der Erde, folglich kann auch im Fehlerfall keine gefährliche Berührungsspannung bestehen bleiben. Aber der Potenzialausgleich ist ein **Zusatzschutz**, der erst dann richtig wirksam wird, wenn die eigentlichen Schutzmaßnahmen versagen oder nicht wirksam werden.



## Funktion des Schutzleiters

### 1. Als Potenzialausgleich und „Auslöseleitung“ für RCD



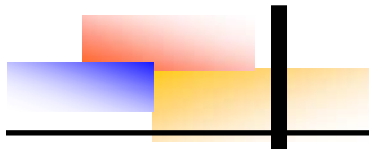
Bei einem Körper- oder auch Erdschluss entstehen Fehlerströme. Mitunter sind diese aber nicht besonders groß, weil diverse Widerstände an der Fehlerstelle wirken; man sagt die Verbindung ist widerstandsbehaftet. Folglich liegt der Strom unterhalb der Auslösewerte der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen. Unter diesen Bedingungen hat der Schutzleiter die Funktion eines Potenzialausgleichsleiters, weil die durch ihn verbundenen Punkte/Betriebsmittel keine gefährliche Berührungsspannung **gegeneinander** einnehmen können. Aber wirken keine Schutzmaßnahmen, die den Fehlerstrom in Betrag und Zeit begrenzen, so können erhebliche Sachschäden, u.a. Kabelbrände, entstehen. Ist allerdings ein RCD in der Anlage installiert, löst dieser schon bei einem sehr kleinen Strom aus.

### 2. Als „Auslöseleitung“ für Überstromschutzorgane (LS-Schalter, Sicherung)



Bei einem Körperschluss ohne Fehlerwiderstand (satter oder vollkommener Kurzschluss) fließt ein genügend hoher Strom zum Auslösen der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung (Schmelzsicherung, Leitungsschutzschalter, etc.). Der Widerstand des Schutzleiters ist dann Teil des Widerstandes der Stromschleife für den Fehlerstrom, also Teil des Schleifenwiderstandes. Der Widerstand der Schutzleiterverbindung bestimmt also maßgeblich in Abhängigkeit von Länge und Querschnitt den Strom der Fehlerstromschleife, deswegen auch das ganze "Theater" um die Niederohmigkeit, Hege und Pflege, denn nach dem Ohmschen Gesetz verhält sich der Strom bekanntlich umgekehrt proportional zum Widerstand. Auch die Abschaltzeit der Überstrom-Schutzeinrichtung unterliegt nach DIN VDE 0100-410/01.97 gewissen Mindestforderungen. Sie beträgt 0,4 s. Ist die vorgeschaltete Schutzeinrichtung z.B. ein 16 A – Leitungsschutzschalter/Sicherungsautomat mit der Charakteristik B, so muss der 5fache Nennstrom, also  $16\text{A} \times 5 = 80\text{A}$ , fließen, wenn die Schutzeinrichtung das fehlerhafte Betriebsmittel automatisch innerhalb von ca. 0,4 s vom speisenden Netz trennen soll.





## Durchzuführende Messungen an elektrischen Anlagen Schutzleiterprüfung

### Prüfung nach DIN VDE 0100-610:1994-04 ("heiße" Prüfung des Schutzleiters)

Bei der Prüfung nach DIN VDE 0100-610 wird u.a. der **Schleifenwiderstand** (genauer: die Schleifenimpedanz, weil das ein induktiver Widerstand ist) gemessen, d.h. der Stromkreis Außenleiter gegen Schutzleiter (L gegen PE) wird kurzzeitig mit einem bekannten Widerstand belastet. Aus dem Spannungsfall dieser Messung wird der Widerstand der Leiterschleife nach dem Ohmschen Gesetz berechnet, da Strom und Spannung (mit und ohne Last) bekannt sind. Im übrigen muss die Messung an der entferntesten Stelle des Stromkreises durchgeführt werden; es wird also über die gesamte Leitungslänge eines Stromkreises gemessen. Dafür wird auch eine Messung je Stromkreis als ausreichend angesehen. Der Schleifenwiderstand ist für jeden Stromkreis zu ermitteln, der mit einer Überstrom-Schutzeinrichtung geschützt wird. Also: Eine Messung am Ende jedes durch eine Schutzeinrichtung (z.B. Sicherung) geschützten Stromkreises. Der Belastungswiderstand ist in dem Messgerät integriert, gleichzeitig kann auch der Abschalt- oder Kurzschlussstrom der Leiterschleife ermittelt werden. Die Messungen erfolgen bei eingeschalteter Betriebsspannung und unter Betriebsbedingungen.



## Isolationsmessung

**Isolationswiderstand:** Widerstand der Isolierung zwischen zwei leitenden Teilen. Das Isoliervermögen eines Werkstoffes, der zwei benachbarte Kontakte oder einen Kontakt gegen Masse möglichst hochohmig trennt.

Die Messung des Isolationswiderstandes ist sehr wichtig denn die Isolation verhindert ein direktes Berühren von aktiven Teilen. Weiterhin verhindert die Isolation das Fließen von Ausgleichsströmen zwischen zwei oder mehr Adern, die in unmittelbarer Nähe verlaufen. Solche Ausgleichsströme führen an der Schadensstelle zu einer Erwärmung, die wiederum zu einem Brand führen kann.

Die Isolationsmessung ist an den folgenden Stellen durchzuführen:

1. Zwischen allen Außenleitern und Erde (Im TN- System kann auch gegen den PEN-Leiter gemessen werden.)
2. Zwischen Neutralleiter und Erde
3. Zwischen den Außenleitern
4. Zwischen den Außenleitern und dem Neutralleiter (die Messung entfällt im TN-System)

### Vorgeschriebene Messspannung und dazugehöriger Isolationswiderstand:

Die Betriebsmittel brauchen nicht abgeklemmt zu werden, es sei denn, der Isolationswiderstand ist zu gering. Dann ist das Betriebsmittel abzuklemmen und die Anlage und das Betriebsmittel müssen einzeln gemessen werden. Handelt es sich bei den Betriebsmitteln um empfindliche elektronische Bauteile, so ist sicher zu stellen, dass diese keinen Schaden erleiden.

Schutzmaßnahme und Nennspannung	Messspannung	Mindestwiderstand des Isolationswiderstandes
Schutzkleinspannung (SELV); Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung (PELV)	250 V=	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
Schutztrennung	500 V=	$\geq 1 \text{ M}\Omega$
Nennspannungen bis 500 V; Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung (FELV)	500 V=	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
Nennspannungen von 500 V- 1000V	1000 V=	$\geq 1 \text{ M}\Omega$

Anmerkungen zur Überprüfung des Isolationswiderstandes:  
Der Isolationswiderstand hängt von vielen Parametern ab., z. B.:

- von der Spannung, die an einen Leiter angelegt wird.
- von dem Strom, der durch den Leiter fließt
- von der Feuchtigkeit der Isolation



# Das TN-C-S-System

## Prüfen von Fehlerstromschutzschaltungen im TN-C-S-Netz



Ein FI-Schalter kann nur in einem TN-S-Netz eingesetzt werden. In einem TN-C-Netz würde ein FI-Schalter nicht funktionieren, da der PE nicht am FI-Schalter vorbei geführt ist, sondern direkt in der Steckdose mit dem N-Leiter verbunden ist. So würde ein Fehlerstrom durch den FI-Schalter zurückfließen und keinen Differenzstrom erzeugen, der zum Auslösen des FI-Schalters führt. Bei der Ermittlung der Berührungsspannung und des Erdungswiderstandes ist zu beachten, dass nicht der Erdungswiderstand  $R_E$ , sondern die Schleifenimpedanz  $Z_{Schl}$  ermittelt wird. Wegen des geringen Messstroms von z.B. 10 mA bei einem 30 mA-FI-Schalter beträgt die Auflösung des  $R_E (=Z_{Schl})$  nur  $3 \Omega$ . Da die Schleifenimpedanz in der Regel kleiner ist, z.B.  $1 \Omega$ , wird in den meisten Fällen  $0 \Omega$  angezeigt.

Die Anzeige der Berührungsspannung wird in der Regel ebenfalls  $0,0 \text{ V}$  sein, da der Nennfehlerstrom von 30 mA zusammen mit dem niedrigen Schleifenwiderstand eine sehr kleine Spannung ergibt:

$$U_{\Delta N} = R_E \cdot I_{\Delta N} = 1 \Omega \cdot 30 \text{ mA} = 30 \text{ mV} = 0,03 \text{ V}$$

Die Messauflösung beträgt  $100 \text{ mV}$ , somit wird der Wert abgerundet und  $0,0 \text{ V}$  angezeigt.

### Messverfahren:

Gemäß DIN VDE 0100 ist nachzuweisen, dass

- die beim Nennfehlerstrom auftretende Berührungsspannung den für die Anlage maximal zulässigen Wert nicht überschreitet, und dass
- die Fehlerstrom-Schutzschalter beim Nennfehlerstrom innerhalb 400 ms (1000 ms bei selektiven FI-Schutzschaltern) auslöst.

Zur Ermittlung der bei Nennfehlerstrom auftretenden Berührungsspannung  $U_{\Delta N}$  misst das Gerät mit einem Strom, der nur ca.  $\frac{1}{3}$  des Nennfehlerstromes beträgt. Dadurch wird verhindert, dass dabei der FI-Schutzschalter auslöst. Der besondere Vorteil dieses Messverfahrens liegt darin, dass man an jeder Steckdose die Berührungsspannung einfach und schnell messen kann, ohne dass der FI-Schutzschalter auslöst. Die sonst übliche und umständliche Messmethode, die Wirksamkeit der FI-Schutzeinrichtung an einer Stelle zu prüfen und nachzuweisen, dass alle anderen zu schützenden Anlagenteile über den PE-Leiter mit dieser Messstelle niederohmig und zuverlässig verbunden sind, kann entfallen.