

2.7.9 Schutz vor Ausgleichsströmen

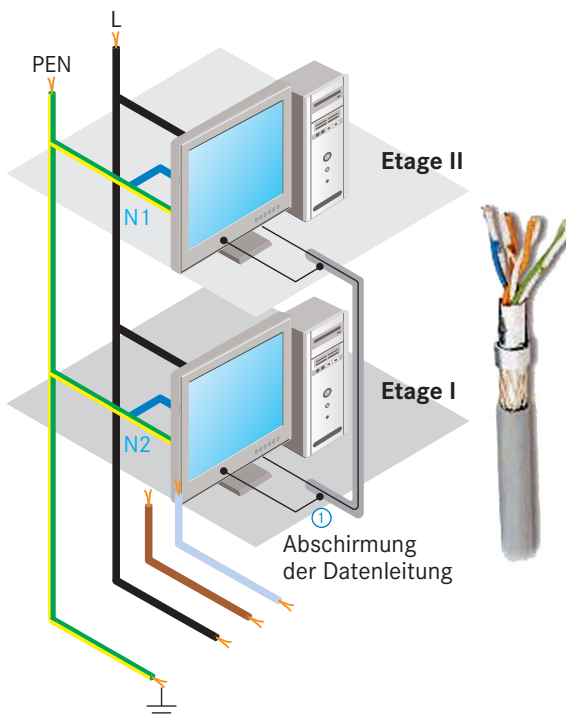
2.7.9.1 Problemdarstellung

EDV-Anlagen (PCs, Drucker, usw.) sind in vielen Fällen durch abgeschirmte Datenleitungen miteinander vernetzt. Die Abschirmung ist über die Steckverbindungen mit den Gehäusen und den Schutzkontakten der Steckdose verbunden. Dabei kann es in einem TN-C-System (s. Kap. 2.7.6.5) vorkommen, dass die in Abb. 1 dargestellten Verbindungen vorhanden sind.

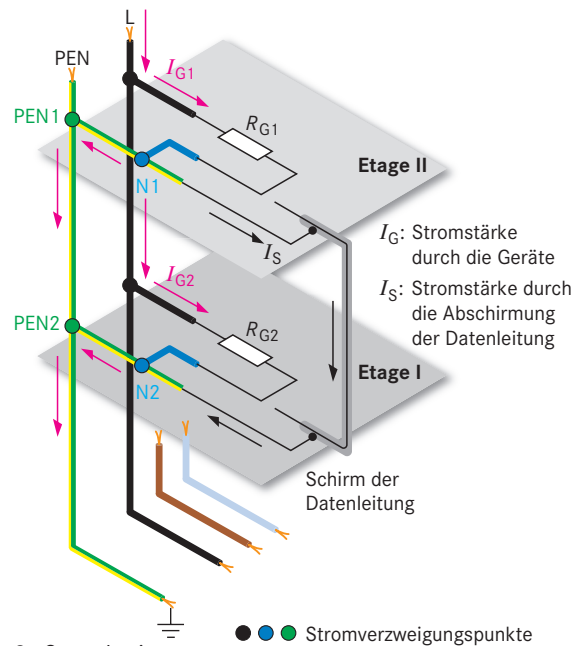
Der für beide Etagen verwendete **PEN-Leiter** ist in jeder Etage in einen **PE-** und **N-Leiter** aufgeteilt (Punkte N1 und N2 in Abb. 1, TN-C-S-System). Alle metallenen Gehäuseteile der Anlage (hier durch zwei Geräte dargestellt) sind mit dem PE-Leiter verbunden. Zusätzlich gibt es eine **abgeschirmte Datenleitung** ①. Sie ist eine leitende Verbindung zwischen den Gehäusen der Geräte auf beiden Etagen.

Wie die Ströme bei diesen Verbindungen verlaufen, wird aus Abb. 1 noch nicht deutlich. Deshalb sind in der Abb. 2 die Geräte als Widerstände R_{G1} und R_{G2} eingezeichnet worden. Die angenommenen Stromrichtungen sind durch Pfeile gekennzeichnet. Die Stromstärke I_{G2} wurde größer als I_{G1} angenommen. Dabei ergeben sich folgende Stromkreise:

- $L \rightarrow R_{G1} \rightarrow N1$ (PEN wird in N und PE aufgeteilt)
 $\rightarrow PEN1 \rightarrow PEN2 \rightarrow \text{Erde}$
- $L \rightarrow R_{G2} \rightarrow N2$ (PEN wird in N und PE aufgeteilt)
 $\rightarrow PEN2 \rightarrow \text{Erde}$



1: Energieversorgung für vernetzte EDV-Geräte über zwei Etagen



Neben den Strömen durch die Geräte (I_{G1} und I_{G2}) kann auch ein **Ausgleichsstrom** I_S [equalizing current] über die Abschirmung der Datenleitung fließen. Wie ist das möglich?

Die Lösung erfolgt mit Hilfe der Stromlaufpläne in Abb. 3. Zunächst sind in Abb. 3a die Leitungen als widerstandslose Verbindungen dargestellt. Für die Lösung der Frage ist es nun hilfreich, dass auch die Leitungen als Widerstände eingezeichnet werden (Abb. 3b). Sie sind im Vergleich zu den Gerätewiderständen sehr klein. Da sie verschieden groß sind, entstehen auch unterschiedliche Spannungsfälle. Als Besonderheit wurde in Abb. 3b der Widerstand der Abschirmung der Datenleitung noch nicht eingezeichnet. Dies wäre beispielsweise dann der Fall, wenn die EDV-Geräte nicht vernetzt sind.

Um Vorstellungen über die Größenordnungen dieser Brückenschaltung (s. Kap. 1.3.1.4) zu erhalten, sind für die Anlage folgende Werte angenommen worden:

Stromstärken: $I_{G1} = 10 \text{ A}$; $I_{G2} = 1 \text{ A}$
 Leiterlängen: $l_1 = 10 \text{ m}$ (von N1 nach PEN2)
 $l_2 = 5 \text{ m}$ (von N2 nach PEN2)

Aus diesen Leiterlängen ergeben sich mit der Formel

$$R = \frac{l}{\pi \cdot q} \text{ und } q = 1,5 \text{ mm}^2 \text{ folgende Widerstände:}$$

$$R_{N1} + R_{PEN} = 0,12 \, \Omega \quad R_{N2} = 0,06 \, \Omega$$

Mit den angenommenen Stromstärken erhalten wir folgende Spannungen ($U = I \cdot R$):

$$U_{N1} = 1,2 \text{ V} \quad U_{N2} = 0,06 \text{ V}$$

Zwischen N1 und N2 besteht somit eine Potenzialdifferenz von:

$$U_{12} = U_{N1} - U_{N2} \quad U_{12} = 1,14 \text{ V}$$

Wenn jetzt wie in Abb. 3c dargestellt, die Punkte N1 und N2 durch die Abschirmung der Datenleitung verbunden werden (Widerstand R_S), fließt aufgrund des Potenzialunterschiedes ein Ausgleichsstrom I_S . Dieser Strom kann zu folgenden **Beeinträchtigungen** und **Gefahren** führen:

- **Datenverlust**

Ströme durch die Abschirmung der Datenleitung verursachen magnetische Wechselfelder. Durch Induktion können Störspannungen in der Datenleitung entstehen.

- **Zerstörung elektronischer Bauteile**

Elektronische Schaltungen werden mit geringen Spannungen betrieben. Sie sind in der Regel nicht gegen höhere Spannungen isoliert. Wenn jetzt die Stromstärke über die Abschirmung zu groß wird, entsteht zwischen den metallenen Leitern der EDV (z. B. Gehäuse) und den im Innern befindlichen Schaltungen eine Spannung, die zu Überschlügen führen kann.

- **Brandgefahr**

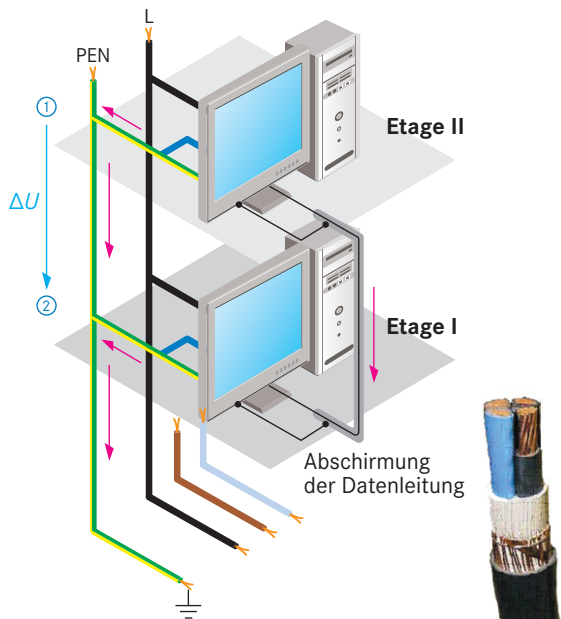
Die Abschirmungen der Datenleitungen bestehen in der Regel aus dünnen Folien und/oder einem Drahtgeflecht. Wenn die Stromstärke zu groß wird, kann es zu einer erheblichen Wärmeentwicklung kommen.

Die aufgeführten Beeinträchtigungen und Gefahren können verhindert werden, wenn das Energieversorgungssystem als TN-S-System aufgebaut wird.

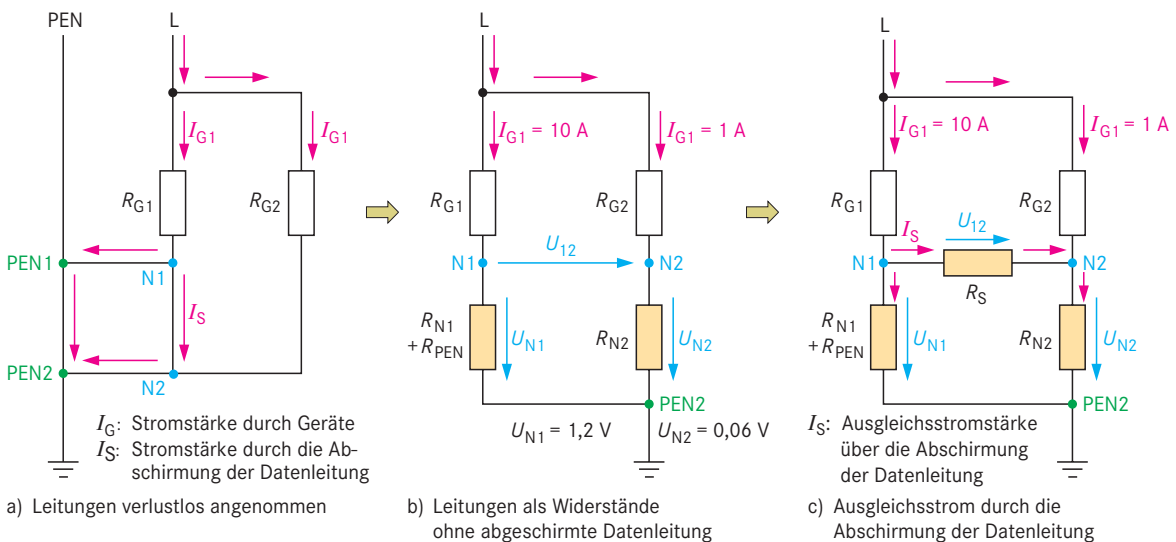
- Durch Ausgleichsströme über die Abschirmungen von Datenleitungen kann es zu Datenverlust, zur Zerstörung elektronischer Bauteile und zu einer Brandgefahr kommen.
- Die Energieversorgung für vernetzte EDV-Geräte muss so konzipiert sein, dass über die Abschirmung kein Strom fließt.

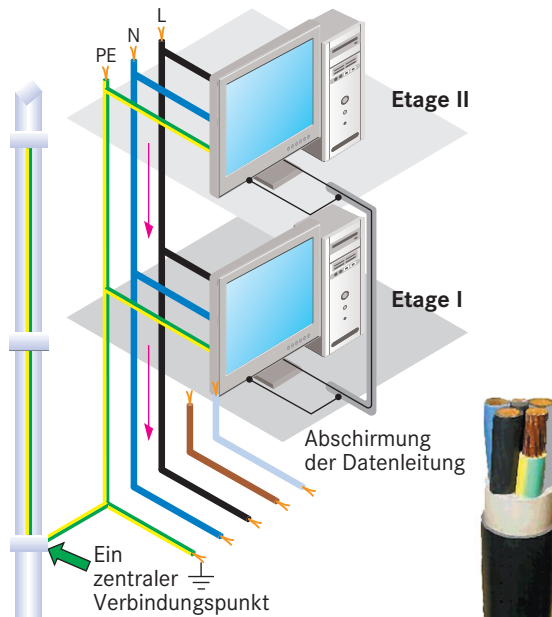
2.7.9.2 Netzumrüstung

Die räumliche Skizze in Abb. 4 verdeutlicht die beschriebene Problematik des TN-C-Systems für vernetzte EDV-Geräte. Zwischen dem Hausanschlusskasten und der Unterverteilung befindet sich der PEN-Leiter, der die Rolle des N-Leiters (Leiter für die Rückströme der Betriebsmittel) und PE-Leiters (Schutzleiter) **gemeinsam** [common] übernimmt. Wenn z. B. aufgrund hoher Ströme im PEN-Leiter zwischen den Verzweigungspunkten ① und ② ein Spannungsunterschied besteht, fließen Ausgleichsströme über die Abschirmungen der vernetzten EDV-Geräte. Es muss deshalb die 4-adrige



4: TN-C-System

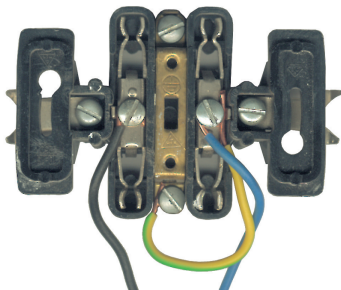




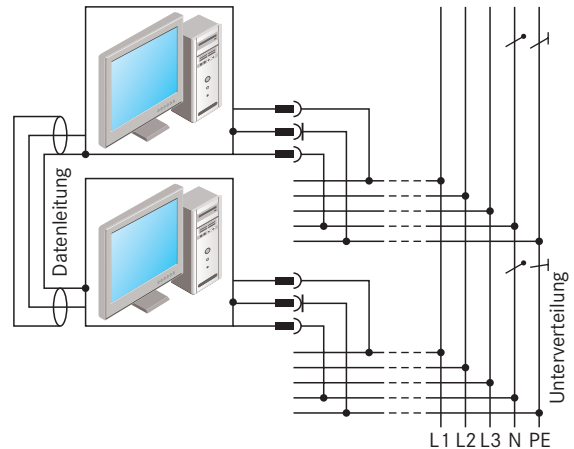
1: TN-S-System

Leitung zwischen den Etagen durch eine 5-adrige Leitung ausgetauscht werden (Abb. 1). Es entsteht ein TN-S-System mit **getrennten** (separaten [separate]) Leitern für N und PE.

Wenn ein vorhandenes TN-C-System in ein TN-S-System umgewandelt werden soll, müssen alle Steckdosen der Anlage überprüft werden, ob sie nicht entsprechend Abb. 2 verdrahtet sind (**klassische Nullung**). Um Leitungskosten zu sparen, wurden früher gelegentlich Leitungen mit zwei Leitern (L und N) verwendet. Als Schutzmaßnahme wurde dann der N-Leiter mit dem Schutzkontakt verbunden. Diese Maßnahme ist heute nicht zulässig. Damit die Schutzfunktion im TN-S-System bestehen bleibt, müssen die 2-adrigen Zuleitungen durch eine 3-adrige Leitung ersetzt werden. Wenn dies nicht möglich ist, muss die Steckdose stillgelegt werden. Weiterhin muss gewährleistet sein, dass kein angeschlossenes Gerät eine Verbindung zwischen N und PE herstellt. Es darf also in der Hausinstallation nur einen **einzigen Verbindungspunkt zwischen N und PE** geben.



2: Nicht zulässige Schutzmaßnahme



3: Energieversorgung für EDV-Geräte

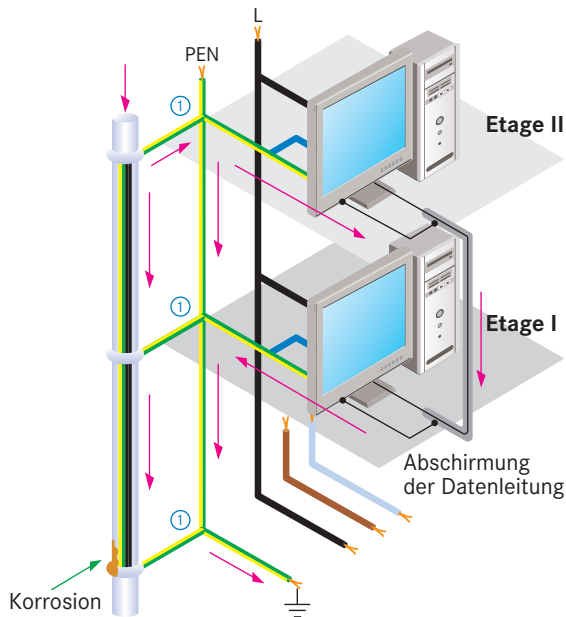
Für die einzelnen Steckdosen der EDV-Geräte ergibt sich somit der Schaltplan von Abb. 3. Alle metallenen Teile der Geräte (Gehäuse, Abschirmungen der Datenleitungen usw.) sind mit dem PE-Leiter verbunden. Es besteht keine leitende Verbindung mit dem N-Leiter.

Ausgleichsströme über fremde leitfähige Teile

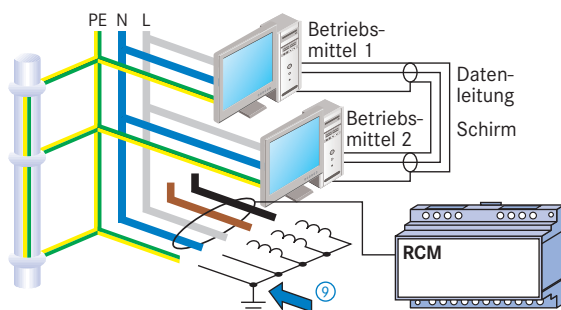
Bei der Umrüstung von TN-C-Systemen in TN-S-Systeme muss auch beachtet werden, dass Heizungsrohre und Wasserleitungen mit dem PEN-Leiter wie in Abb. 4 verbunden sein können. Ausgleichsströme fließen dann über diese metallenen Leiter. Diese Ströme verursachen zusätzlich Magnetfelder, die mit Störungen verbunden sind. Um diese Störungen zu verhindern, müssen alle Verbindungen gelöst (Abb. 4 ①) und das Rohrsystem nur an einem zentralen Verbindungspunkt verbunden werden, wie in Abb. 1 mit dem PE-Leiter.

Wenn Ströme über fremde metallene Leiter eines Gebäudes fließen, kann es an verschiedenen Stellen zur Korrosion kommen. Eine Ursache ist dabei, dass der Strom auch über die benetzten Oberflächen fließt. Es kommt zu Zersetzungen (Elektrolyse) von Metallen in Form von „Ausblühungen“ und farbigen Ablagerungen.

- Durch die getrennte Führung von N- und PE-Leitern im TN-S-System können keine Ausgleichsströme über die Abschirmungen fließen.
- Im TN-S-System werden N- und PE-Leiter separat geführt. Die getrennte Führung von PE- und N-Leiter muss für jede Steckdose und jedes Betriebsmittel der Schutzklasse I eingehalten werden.
- Bei einer EDV-gerechten Elektroinstallation soll die Aufteilung des PEN-Leiters in die N- und PE-Leiter frühzeitig erfolgen, möglichst bei der Einspeisung in die Hausinstallation. Der N-Leiter ist nur an einer zentralen Stelle mit dem PE-Leiter zu verbinden.



4: Ausgleichsströme über leitfähige Teile



5: Grundsätzlicher RCM-Einsatz im TN-S-System (Herstellerunterlage)

AUFGABEN

1. Stellen Sie fest, mit welchem System die Energieversorgung Ihres Hauses erfolgt und schätzen Sie die EDV-Tauglichkeit ein.
2. Folgende Aussage wird getroffen:
Wenn in einem Büro alle EDV-Geräte von einer zentralen Energieversorgung gespeist werden würden (z. B. eine Mehrfachsteckdose), fließen über die Abschirmungen der Datenleitungen keine Ausgleichsströme.
Begründen bzw. widerlegen Sie diese Aussage.

- RCMs sind Anzeige- bzw. Meldeeinrichtungen für Differenzströme. Sie werden zur rechtzeitigen Fehlererkennung eingesetzt.
- Als Stromsensor für ein RCM wird ein Stromwandler verwendet.

2.7.9.3 Differenzstromüberwachung

Eine zusätzliche Sicherheit bieten Differenzstrom-Überwachungsgeräte (**RCM** [Residual Current Monitor]). In Abb. 5 ist der grundsätzliche Einbau und in Abb. 6 eine mögliche Installation dargestellt.

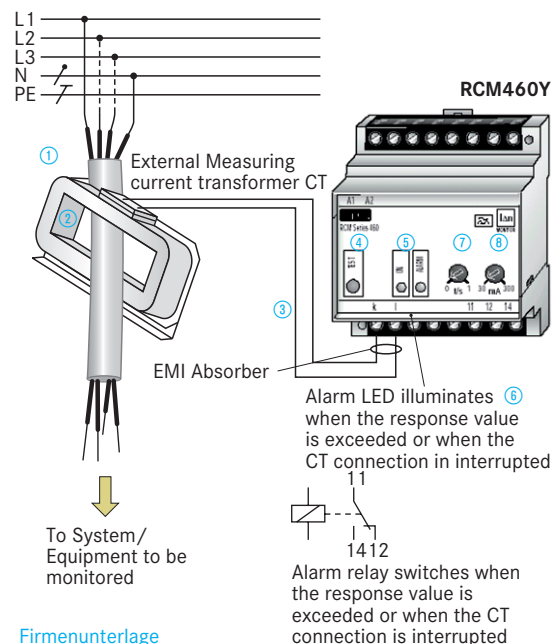
Der Messaufnehmer (Sensor) ist ein Stromwandler. Er arbeitet im Prinzip wie ein Transformator, bei dem durch den Innenbereich eines Eisenkerns (Abb. 6 ②) die zu überprüfenden Leiter geführt werden. In fehlerfreien Systemen ist die Summe aller Ströme gleich Null, sodass in der auf dem Eisenkern befindlichen Spule keine Spannung induziert wird. Fließt allerdings ein Fehlerstrom über die Erde oder über einen anderen Weg vorher ab, verursacht diese **Stromdifferenz** [current difference] eine Induktionsspannung. Sie kann angezeigt werden bzw. ein Signal auslösen.

Wie wird ein Differenzstrom-Überwachungsgerät angeschlossen?

In Abb. 6 ist in der Unterverteilung ein **externer Stromwandler** ① eingebaut. Die drei Außenleiter L1, L2, L3 sowie der N-Leiter der Energieversorgung werden durch den Innenbereich des Eisenkerns geführt ②. Das Messsignal gelangt über eine Zweidrahtleitung ③ (z. B. verdreht 2 x 0,75 mm², bis 10 m) an die Auswerteeinheit. Diese bietet folgende Anzeigen und Einstellmöglichkeiten:

Test-Taste ④, Betriebs-LED ⑤ und Melde-LED ⑥

Die Melde-LED leuchtet, wenn der Differenzstrom einen eingestellten Ansprechwert überschreitet bzw. eine Unterbrechung im Wandler vorliegt. Einstellbar sind die Ansprechverzögerung (0...1 s) ⑦ und der Ansprechwert (30...300 mA) ⑧.



6: Anschlussschema RCM