# Schutzmassnahmen gegen indirektes Berühren

Autor(en): **Meyer, U.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **68 (1977)**

Heft 13

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915046

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

verschiedene Verwendungszwecke hergestellt werden können. Im Ausland wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht. Da in der Schweiz, wenigstens nach den HV, die Voraussetzungen für die Verwendung beider Schalterarten fehlen, kam bisher praktisch nur die Schalterart $P_2$ zur Anwendung. Die beiden Schalterarten unterscheiden sich in den Anforderungen an den zu bewältigenden Abschaltstromzyklus. Bei der Schalterart $P_1$ wird mit dem angeschriebenen Kurzschlußstrom der Schaltzyklus «aus» – «ein» – «aus» verlangt, wobei der Schalter anschliessend nur noch bedingt gebrauchsfähig sein muss. Die Schalterart $P_2$ hat den Zyklus «aus» – «ein» – aus» – «ein» – «aus» einwandfrei zu bewältigen. Bei geschickter Kombination beider Schalterarten kann vielfach eine ausreichende Sicherheit erreicht werden. Ein Anwendungsbeispiel zeigt Fig. 2. Danach bildet der Schalter $P_2$ eine Reserve für den allfällig nicht mehr funktionstüchtigen Schalter $P_1$.

Es besteht noch vielerorts die Auffassung, die Schmelzsicherung sei wegen ihres einfachen Aufbaus problemlos und deshalb dem Schalter vorzuziehen. Wie jedoch bereits die wenigen Hinweise gezeigt haben mögen, kann eine solche Simplifizierung zu Fehlentscheiden führen. Vielmehr müssen bei Sicherungen und Schaltern verschiedene ihrer Eigenschaften hinreichend bekannt sein, damit eine dem Sicherheitsbedürfnis entsprechende Wahl getroffen werden kann. Nebenbei bemerkt, sind auch die Abmessungen zu berücksichtigen.

### 4. Überspannungsschutz

Seit Jahren werden in den Niederspannungs-Freileitungsnetzen Ventilableiter eingebaut, um bei Gewittern Schädigungen in den angeschlossenen Häusern zu vermeiden. Im grossen und ganzen genügt dieser Überspannungsschutz auch heute noch. An Orten, wo elektronische Geräte vorhanden sind, besteht hingegen das Bedürfnis nach rascher wirkenden Ableitern. Bereits seit einiger Zeit befinden sich denn auch Ableiter im Handel, die bereits im Nanasekunden-Bereich ansprechen. Ihr Ableitvermögen ist aber oft zu gering, oder das Ansprechen führt zu einer Ausschaltung des geschützten Anlageteils. Es sollen nun aber Ableiter in Erprobung sein, die diese Mängel nicht mehr aufweisen. Somit scheint eine weitere Verbesserung des Überspannungsschutzes bevorzustehen.

**Adresse des Autors**
*E. Homberger,* Oberingenieur des Eidgenössischen Starkstrominspektorates, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.

# Schutzmassnahmen gegen indirektes Berühren

Von U. Meyer

*Im Referat werden die gebräuchlichen Schutzsysteme in den Niederspannungsanlagen beschrieben. Dabei wird auf die Neuerungen im Revisionsentwurf des Abschnittes «Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen» der Starkstromverordnung sowie auf internationale Vorschriften hingewiesen. Die Korrosionserscheinungen an Erdern werden behandelt und Verbesserungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Es wird auf die immer wieder auftretenden Probleme der verschiedenen Schutzsysteme eingegangen, und es werden Beispiele für deren Lösung aufgezeigt. Die Möglichkeiten des Potentialausgleichs werden diskutiert und dessen Vorteile besprochen.*

*L'exposé traite des systèmes de protection usuels utilisés dans les installations à basse tension. Ceux-ci sont décrits avec mention des innovations prévues dans le projet de révision de l'ordonnance sur les installations électriques à courant fort (nouveau chapitre intitulé: Protection contre une dangereuse tension influente) ainsi que des prescriptions internationales.*

*Les phénomènes de corrosion aux prises de terre font l'objet d'un examen et des améliorations sont proposées. Les difficultés qui ne cessent de survenir aux différents systèmes de protection sont également analysées et des solutions pour y remédier sont présentées. Les possibilités de liaisons équipotentielles sont aussi examinées et les avantages en sont montrés.*

### 1. Einleitung

Der Ausdruck «indirektes Berühren» stammt aus dem CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 224 und ist, zusammengefasst, etwa wie folgt definiert:

Gefährliche Berührung durch Personen von zugänglichen leitfähigen Teilen, die nicht aktiv (nicht stromführend) sind, oder von leitfähigen Teilen, die nicht Teile der elektrischen Anlage sind, im Fehlerfall jedoch Spannung annehmen können.

Zur Gewährleistung der Sicherheit in der Niederspannungsversorgung müssen in den Abnehmeranlagen die richtigen Schutzmassnahmen getroffen werden.

Artikel 16 des Revisionsentwurfes des Abschnittes «Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen» der Starkstromverordnung – im folgenden nur noch als Revisionsentwurf benannt – schreibt vor:

«In Wechselstrom-Niederspannungsverteilnetzen ist ein Punkt des Systems zu erden.
In Drehstromnetzen ist es in der Regel der Sternpunkt.»

Der erste Buchstabe weist auf die Beziehung des Systems zur Erde hin, wobei T die direkte Verbindung eines Punktes mit der Erde, I ein von Erde isoliertes System bedeutet. Folglich erfüllen nur die beiden Systeme TN und TT die Bedingungen gemäss Artikel 16.

Die Erdung des Systems soll in erster Linie Schutzzwekken dienen. Durch sie und die entsprechende Schutzmassnahme in den Hausinstallationen (zweiter Buchstabe in der Systembezeichnung) soll vermieden werden, dass bei Erdschlüssen oder Erdkurzschlüssen in elektrischen Anlagen und ihrer Umgebung gefährliche Spannungsdifferenzen zwischen berührbaren, leitfähigen Teilen oder zwischen diesen und der Erde auftreten können.

Gleichermassen sollen aber auch atmosphärische Überspannungen abgeleitet und eindeutige Spannungsverhältnisse gegen Erde geschaffen werden.

Die Fig. 1 zeigt die drei Möglichkeiten zur Einteilung der Niederspannungsnetze.

## 2. Erdung des System-Nullpunktes

In der Regel wird bei uns das System in der Transformatorenstation geerdet, das heisst in der Nähe des Hochspannungsbereiches. Weil diese Erde, nach dem Wortlaut der alten Starkstromverordnung, mit der Schutzerde der Hochspannungsanlage keine Verbindung haben durfte, also gesondert geführt und verlegt sein musste, spricht man von einer Sondererdung.

Im Revisionsentwurf wird von der Überlegung ausgegangen, dass das Verbinden sicherer ist als das Isolieren. Isolationen werden viel schneller ungewollt und irgendwo überbrückt, als Verbindungen aufgehoben. Denken wir nur an die bisherige Erdungspraxis, wo die Schutz- und Sondererdungsleitungen in Gräben, die 2 m voneinander distanziert sein mussten, verlegt, dann aber an die gleiche, x Meter entfernte Wasserleitung angeschlossen wurden.

Nach Artikel 6 des Revisionsentwurfes kann man nun den Systemnullpunkt mit der Anlageerdung unter bestimmten Bedingungen verbinden.

Die Bedingungen sind erfüllt:

– In genullten und schutzgeerdeten Netzen,
wenn die Anlageerdung *allein* die Erdungsspannung auf die zulässigen Werte der Schritt- oder Berührungsspannungen, das heisst während unbegrenzter Zeit auf 50 V und kurzzeitig auf die in der Fig. 2 festgehaltenen Werte begrenzt.

– In genullten Netzen,
wenn die Anlageerdung mit angeschlossenem PEN-Leiter die Erdungsspannung auf die oben erwähnten, zulässigen Werte der Berührungs- oder Schrittspannung begrenzt. Zusätzlich muss der PEN-Leiter in allen Hausinstallationen geerdet sein.

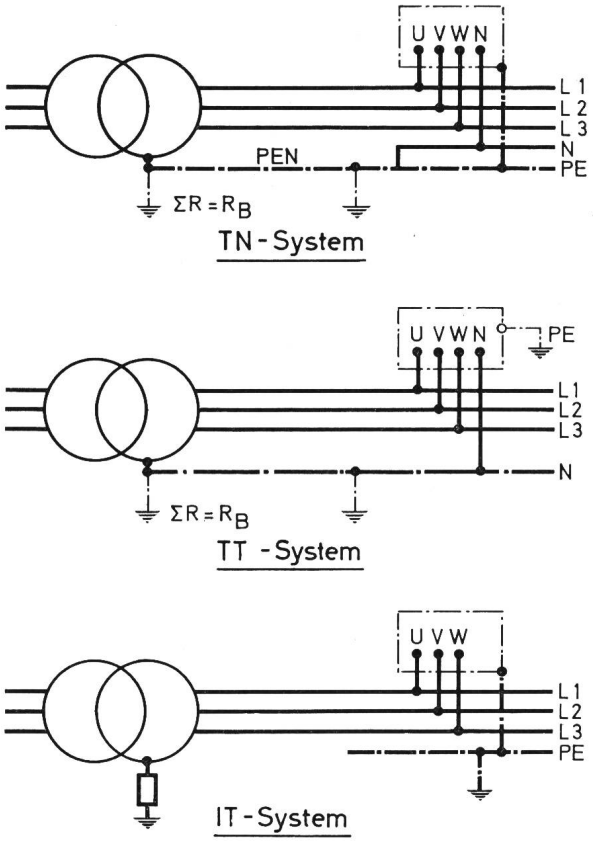


**Fig. 1 Einteilung der Niederspannungsnetze nach der Art der Erdungen**

– In schutzgeerdeten Netzen,
wenn die Anlageerdung, verbunden *mit* dem im Netz geerdeten Neutralleiter, die Erdungsspannung auf die zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen herabsetzt.

Diese Massnahmen sind, von den Hausinstallationen her, notwendig, weil der PEN- oder Neutralleiter einer Niederspannungsanlage, die über den Werkbereich hinausführt und deren Systemnullpunkt mit der Anlageerdung verbunden ist, im Grenzfall die volle Erdungsspannung erreichen kann.

## 3. Die Nullungserdleitung

Durch die Erdung des PEN-Leiters beim Übergang vom Netz in die Hausinstallationen, kurz, durch die Nullungserdleitung, werden eine starke Vermaschung, die die Erdungsspannung herabmindert, sowie ein Potentialausgleich in der Hausinstallation angestrebt. Die Nullungserdleitung erweist sich denn auch bei PEN-Leiter-Brüchen sowie bei Berührungen von PEN- und Polleitern als sehr nützlich.

In schutzgeerdeten Netzen wird, im Falle eines Erdschlusses im Hochspannungsnetz, in der Hausinstallation zwar keine Schritt- oder Berührungsspannung auftreten, dagegen die Isolation der Hausinstallation beansprucht. Es ist deshalb ratsam, Spannungserhöhungen auf Werte zu begrenzen, denen die Isolationsfestigkeit der Hausinstallation genügt.

## 4. Erdung der Nullungserdleitung

Wo metallene Wasserleitungsnetze vorhanden sind, sind diese in erster Linie zur Erdung heranzuziehen. Denn durch ihre Ausdehnung und Verästelung schaffen sie ausgezeichnete Verhältnisse, im Idealfall eine Potentialebene.

Wo solche Wasserleitungen fehlen, kann ein örtlicher Erder, beispielsweise ein Erdband, das in die Baugrube rund um das Haus verlegt und somit einen Ringerder bildet, dienen.

Bei rechtzeitigem Disponieren können auch Fundamenterder in die Gebäudefundamente eingebracht werden. Dabei sind Stahlbänder von mindestens 50 mm², hochkant, oder Rundstahl von ebensolchem Querschnitt in der Sohle des Fundamentes zu verlegen (Fig. 3).

## 5. Korrosionsprobleme im Zusammenhang mit dem Erden

Bei Ringerdern soll auf die Materialwahl geachtet werden. Das sich im Erdreich sehr gut haltende Kupfer hat den bekannten Nachteil, dass damit verbundene, ebenfalls dort liegende Eisenteile einer elektrischen Korrosion ausgesetzt sind (z. B. Öltanks, Wasserleitungen und dergleichen), während verzinkte Stahlbänder, die für diesen Zweck Verwendung finden, selbst der Korrosionsgefahr unterliegen. Dies hauptsächlich in Baugruben, wo der Homogenität des Auffüllmaterials erfahrungsgemäss überhaupt keine Beachtung geschenkt wird.

Die Erdungskommission hat sich bemüht, ein Erdermaterial zu finden, das die erwähnten Nachteile nicht aufweist. Nach umfangreichen Versuchen ist sie zur Überzeugung gelangt, dass verzinktes Kupferband alle Vorteile eines guten Erders – abgesehen vom Preis – in sich vereinigt.

Auch beim Fundamenterder stellt sich die Frage seiner Korrosionsbeständigkeit. Bei Stahl ist diese ausreichend, wenn er in einer dauernd alkalischen Bettung liegt, wie dies bei Beton in feuchtem Boden zutrifft.

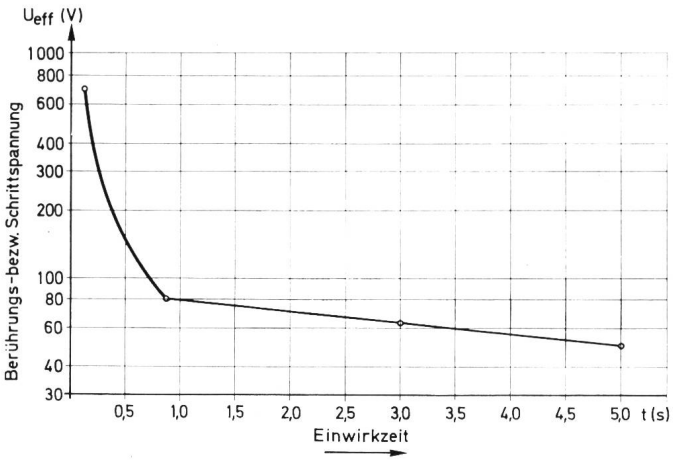


**Fig. 2 Zulässige Berührungs- und Schrittspannungen Kurve nach Art. 2 des Revisionsentwurfs**

Im feuchten Beton nimmt der Stahl – und dazu gehören selbstverständlich auch die Armierungen – ein verhältnismässig positives Ruhepotential an, ähnlich demjenigen von Kupfer. Dadurch ist er vor elektrischer Korrosion geschützt. Hingegen können im Erdreich liegende und mit dem Fundamenterder oder den Fundamentarmierungen verbundene Wasserleitungen, Gasleitungen, metallene Umhüllungen von Kabeln und dergleichen dadurch einer Korrosion ausgesetzt sein.

Die Hauszuleitungen der metallenen Wasserleitungsnetze sollen deshalb in ein möglichst homogenes Bettungsmaterial eingelegt werden, wozu sich Wandkies oder auch Sand eignen. Dadurch wird der Bettungswiderstand vergrössert und die Korrosionsgefahr infolge Elementbildung verkleinert (passiver Schutz). Bei Gasleitungen ist nötigenfalls eine Isoliermuffe einzubauen.

Von der Bildung galvanischer Inseln (aktiver Schutz) ist in der Regel abzusehen, weil deren Wirksamkeit nur schwer überprüft werden kann. Die eingangs erwähnte Tatsache, dass Isolieren eben sehr viel schwieriger als Verbinden ist, wird auch hier bestätigt. Von den Deutschen, die mit den Fundamenterdern bereits langjährige Erfahrungen besitzen, wird berichtet, dass sich der spezifische Widerstand von Beton über Jahrzehnte hinaus mit zunehmendem Austrocknungsprozess um Zehnerpotenzen vergrössere [1]).

Bei der Verlegung solcher Erder ist deshalb darauf zu achten, dass in der Sohle des Fundamentes nicht eine zu dicke Betonschicht den Erder vom feuchten Erdreich trennt.

## 6. Die Schutzmassnahmen in den Hausinstallationen

Es wurde bereits erwähnt, dass am Übergang vom genullten Netz zur Hausinstallation der PEN-Leiter geerdet werden muss, und die Gründe, die von der Netzseite her diese Massnahme erheischen, wurden aufgezeigt. Was an diese Nullungserdleitung seitens der Hausinstallation anzuschliessen ist, wird später behandelt.

In den Anfängen der Elektrizitätsversorgung hat man die Netze isoliert von Erde betrieben. Erdschlüsse, ohmsche und kapazitive Ableitströme gegen Erde, führten bald einmal zu Elektrisierungen und Unfällen. Als Gegenmassnahme hat man die Metallteile und Apparategehäuse, die im Falle eines Isolationsdefektes unter Spannung geraten konnten, mit der Erde verbunden. Diese Massnahme führte zur Schutzerdung oder im weiteren Sinne zum internationalen TT-System.

In der Schweiz sind schätzungsweise noch 20 % aller Niederspannungsnetze nach herkömmlicher Art schutzgeerdet. Sicher hat dieses System auch heute noch seine Berechtigung. Voraussetzung ist aber, dass man das Ganze im Griff behalten kann, was bei den heutigen, weitverzweigten Anlagen und Installationen nicht immer ganz einfach sein dürfte.

Die Schutzeinrichtungen müssen ja, nach Artikel 2b des Revisionsentwurfes, so wirken, dass die von der Niederspannungsseite herrührende *Erdungsspannung* während unbegrenzter Zeit 50 V nicht überschreitet, jedoch innert 5 s abgeschaltet wird, wenn sie diesen Wert übersteigt.

Landläufig spricht man einfach von den Nullungsbedingungen, die eingehalten werden müssen.

In den VDE-Bestimmungen und auch in Österreich stellt man auf die *Berührungsspannung* ab, wobei diese den Wert von 65 V erreichen darf. Die Abschaltzeiten der vorgeschalteten Sicherungen werden hingegen durch den zugeordneten K-Faktor, der zwischen 3,5 und 5 liegt (bei uns 2,75), bedeutend kürzer. Hinzu kommen noch die zusätzlichen Erder, deren Zahl und Übergangswiderstände bei der Stromquelle und in den Netzsträngen zur Festlegung der Schlaufenimpedanz vorgeschrieben sind.

Nach dem CENELEC-Dokument HD 224, also nach den kommenden internationalen Vorschriften, muss ein Schutzorgan den von ihm geschützten Teil der Anlage automatisch so von der Stromquelle abschalten, dass im Gefolge eines Fehlers in diesem Teil keine höhere *Berührungsspannung* als die Grenzspannung $U_L = 50$ V bestehen bleiben kann. Höhere Spannungen sind nach einer Kurve, welche die Spannungswerte in Abhängigkeit der Abschaltzeit festlegt, abzu-

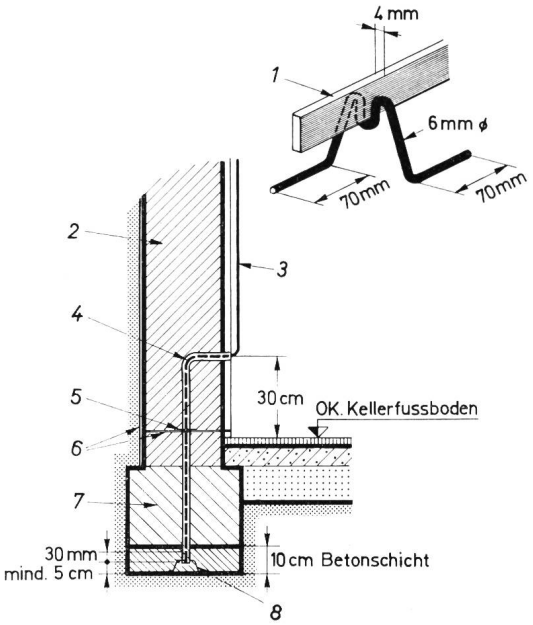


**Fig. 3 Fundament aus Stampfbeton oder bewehrtem Beton**

*1* Fundamenterder 30 × 3,5 mm
*2* Aussenmauer
*3* Freies Ende
*4* Anschlussfahne 30 × 3,5 mm
*5* Bitumendichtung
*6* Gebäudeisolierung
*7* Fundamenterder 30 × 3,5 mm hochkant
*8* Abstandhalter

[1]) Siehe auch V. Fritsch: Der Ausbreitungswiderstand von Betonerdern.

schalten. Diese U/t-Kurve könnte nach unseren heutigen Bestimmungen, sicher aber für die erwähnten Nachbarn, eine Verschärfung der Bedingungen darstellen. Weil aber bei uns von der *Erdungs-* und am andern Ort von der *Berührungsspannung* die Rede ist, werden unsere Vorschriften den CENELEC-Bestimmungen in der Regel genügen.

Nun zurück auf unser bisheriges Schutzerdungssystem. Dieses wird immer dann sehr gut funktionieren, wenn in allen Objekten eine elektrisch gutleitende, durchverbundene Metallwasserleitung zur Verfügung steht und im Erdschlussfall die Abschaltung durch das Auslösen der vorgeschalteten Überstromunterbrecher erfolgt. Diese Art der Schutzerdung kann als verkappte Nullung bezeichnet werden.

Leider wird heute vielerorts gesündigt, indem anstelle der Metallrohre nichtleitende Wasserleitungsrohre oder isolierende Muffen eingebaut werden. Für solche Objekte wird diese Schutzmassnahme fraglich. Die Abschaltung wird, vor allem bei höheren Sicherungsnennströmen, nicht mehr funktionieren. Aber auch die Tiefhaltung der Erdungsspannung am Objekt wird nicht möglich sein. Es sei denn, man verzichte in diesem Netz generell auf die Möglichkeit der Fehlerabschaltung und gehe, durch Erhöhung des Erderwiderstandes der Sondererdung, auf den Spannungsabgleich zwischen dieser und der Objekterdung über. In diesem Falle ist das einwandfreie Funktionieren des Schutzerdungssystems von der Beibehaltung des Widerstandsverhältnisses zwischen Trafo- und Objekterdung abhängig, das 3,4 zu 1 oder grösser sein muss, damit die Spannungsaufteilung keine ungünstigeren Werte als 170 V an der Sondererdung zu 50 V an der Objekterdung annimmt.

Damit die hohe Erdungsspannung an der erstgenannten Erdung keine unzulässigen Berührungs- und Schrittspannungen verursacht, müssen nötigenfalls Zusatzerder für eine Potentialsteuerung verlegt werden.

Kontrollen zeigen aber immer wieder, dass dieses Spannungsverhältnis vielfach gestört ist. Die genaue Untersuchung solcher Netze hat die verschiedensten Fehler zutage gefördert. Weitaus am häufigsten sind irrtümliche Verbindungen zwischen PE- und N-Leiter in Steckdosen und Apparaten. Man sieht auch hier die Schwierigkeiten des Isolierens.

Durch das Parallelschalten der Sondererde mit der Objekterdung im Strang A (Fig. 4) wird die Spannungsaufteilung zuungunsten des Objektes im Strang B verändert.

Die Gefährdung durch Elektrisieren wird in der Regel dadurch etwas herabgemindert, dass sich die Personen meist nicht der ganzen Erdungsspannung, sondern nur einem Teil derselben, eben der Berührungs- oder Schrittspannung, aussetzen.

Solche Verbindungen können, neben der Personengefährdung, auch zu Brandausbrüchen bei Pol- und N-Leiter-Berührungen führen, wenn der Leitwert des Schutzleiters an der Objekterdung (Fig. 4, Strang A) zu klein ist.

Bezüglich Personengefährdung kann sich hier ein Potentialausgleich, wenn auch nur rudimentär am Objekt vorhanden, schon als zusätzliche Massnahme nutzbringend auswirken. Vielfach ist er, unbewusst, durch das Erstellen einer zentralen Schutzerde vorhanden.

Kritisch kann sich in einem abgeglichenen Netz aber auch ein zweipoliger Erdschluss auswirken, weil die vorgeschalteten Sicherungen nicht unbedingt auslösen. Somit können gefährliche Erdungsspannungen entstehen, die beträchtlich über den Bedingungen des Revisionsentwurfes liegen.

### 7. Erdung der Kabelmäntel

Eine Frage, die ebenfalls bei schutzgeerdeten Netzen immer wieder auftaucht, ist die Erdung der Kabelmäntel. Probleme ergeben sich hauptsächlich dann, wenn das Kabel von der Transformatorenstation bis ins Objekt führt.

In den Trafostationen, in Verteilkabinen oder auf leitenden Masten ist das Erden der metallenen Kabelumhüllungen vorgeschrieben (Vermaschung). Nach Art. 25 des Revisionsentwurfes kann die Erdung der leitenden Umhüllungen eines

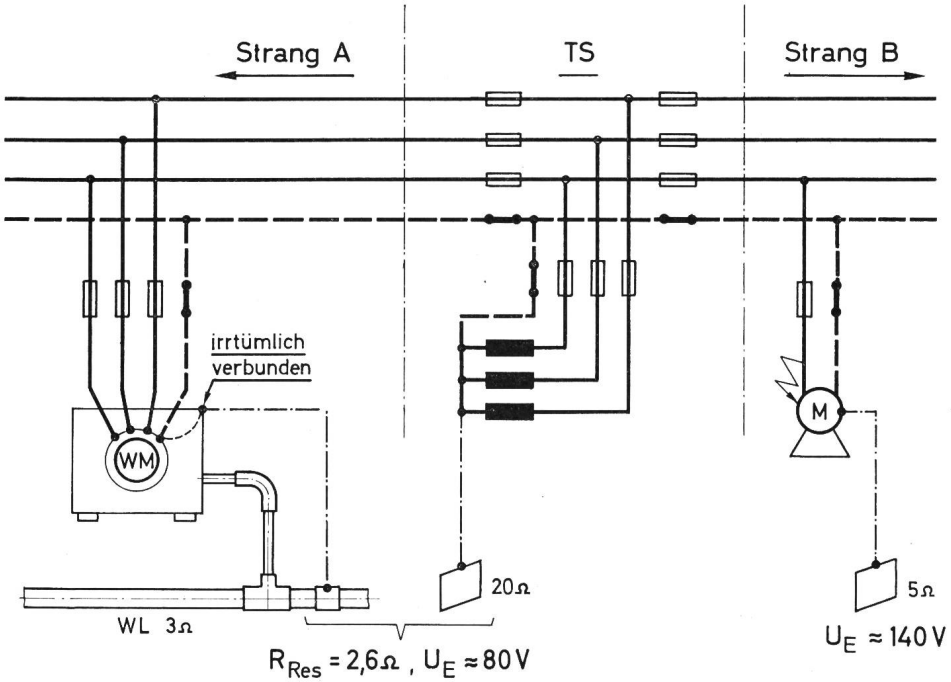


**Fig. 4**
**Parallelschaltung Sondererdung–Objekterdung**

TS = Transformatorenstation
WM = Verbraucher (z. B. Waschmaschine)
WL = Wasserleitung Erdungswiderstand 3 Ω
M = Erdschlussbehafteter Verbraucher (z. B. Motor)
$R_{Res}$ = Resultierender Widerstand aus den parallelgeschalteten Erden
$U_E$ = Erdungsspannungen

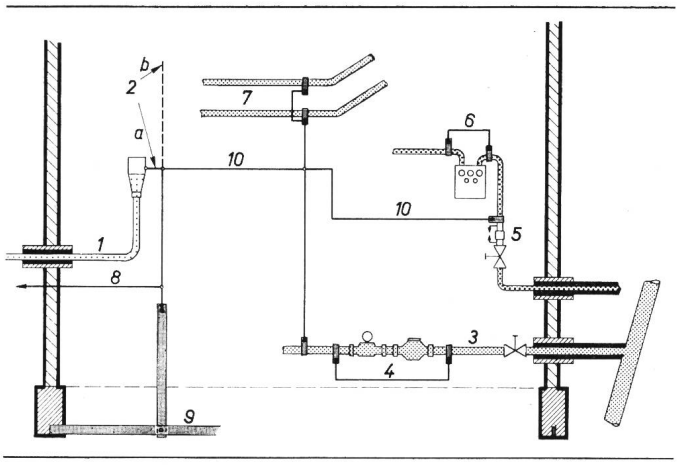


**Fig. 5 Erdungssammelleitung**

*1* Ortsnetzkabel aussen isoliert
*2a* mit Nullung: Verbindung mit Nulleiter
*2b* ohne Nullung: Verbindung mit Schutzleiter (und Einbau eines Überspannungsableiters zwischen Nulleiter und Schutzleiter)
*3* Wasserverbrauchsleitung isoliert eingeführt
*4* Überbrückung der Wasseruhr und dergleichen
*5* Gasinnenleitung isoliert ausgeführt und Isolierstück inkl. Funkenstrecke
*6* Überbrückung Gasmesser
*7* Heizungs-Hin- und Rückleitung
*8* Anschluss der Blitzschutzanlage
*9* Fundamenterder
*10* Erdungssammelleitung

Niederspannungskabels allerdings auch nur einseitig erfolgen.

Demnach könnte man ein Kabel, das einen Schutzmantel aus Isoliermaterial besitzt (z. B. PVC) sehr wohl in einen isolierenden Hausanschlusskasten einführen; denn das Isolieren ist eine Massnahme zur Verringerung der Gefährdung.

Bei einem Einführungskabel, das von einer hölzernen Freileitungsstange ins Haus führt, wird hingegen das Erden in der Hausinstallation erwünscht sein, um auf der Stange keine diesbezüglichen Vorkehren treffen zu müssen.

Aus Gründen der Vereinheitlichung und eines eventuellen späteren Ausbaues ist es klar, dass das Verbinden von Kabelmänteln mit dem Hausanschlusskasten und dem PE-Leiter in der Hausinstallation Vorteile bietet.

In Netzen, die für Abschaltung disponiert sind, wird das beidseitige Erden der Kabel eher noch verbessernd wirken. Allerdings ist zu bemerken, dass die leitenden Kabelmäntel dann so zu bemessen sind, dass sie ihren Teil der Erdkurzschlußströme zu ertragen vermögen. Das abgeglichene Netz bietet diesbezüglich bedeutend mehr Schwierigkeiten.

All diese Beschwerlichkeiten führen nun allmählich doch dazu, dass vielerorts das Schutzerdungssystem verlassen und auf Nullung übergegangen wird.

## 8. Zusammentreffen verschiedener Schutzsysteme

Der Umbau von einer Schutzart auf die andere soll im Bereich einer Transformatorenstation immer so rasch als möglich erfolgen, denn in den Kombinationslösungen lauern Gefahren, die nicht immer ohne weiteres überblickt werden können.

Über die Nullung (oder nach internationaler Benennung, das TN-System) selbst sind nicht allzu viele Worte zu verlieren. Die klassische Nullung, oder Nullung nach Schema III, hat die ihr anhaftenden Mängel schon bald nach deren Einführung gezeigt. Den Gefahren der PEN-Leiter-Unterbrüche, die in den Hausinstallationen selbst und hauptsächlich im Bereich der kleinen Querschnitte immer wieder vorkamen, wurde durch die meistenorts nun angewandte Nullung nach Schema I oder 5-Leiter-System Einhalt geboten. PEN-Leiter-Unterbrüche auf der Netzseite werden durch die Nullungserdleitung entschärft.

Auf internationaler Ebene ist man heute der Überzeugung, dass der Schutzleiter von mindestens 10 mm² Kupfer, bei fester Verlegung, auch die Funktion des Neutralleiters übernehmen kann. Dies aus der Überlegung und den statistischen Erfahrungen, dass in Hausinstallationen Unterbrüche von Leitern mit einem Querschnitt von 10 mm² und mehr praktisch auszuschliessen sind. Dadurch können nicht nur die Installationen verbilligt, sondern auch die Kupfer-Ressourcen geschont werden.

Da jedoch über die Farbe des Neutralleiters neuerdings – seit dem Eintritt Englands in die EWG – wieder Uneinigkeit herrscht, werden wir bis zur Einführung dieses neuen Nullungsschemas in der Schweiz noch etwas zuwarten.

## 9. Der Potentialausgleich

Als Massnahme zur Verringerung der Gefährdung wird im Revisionsentwurf in Artikel 1 in erster Linie die vielfache Vermaschung aller berührbaren, normalerweise nicht unter Spannung stehenden Teile gefordert. Was in einer Hausinstallation alles an den Potentialausgleich angeschlossen werden muss, geht aus Artikel 18 des Entwurfes hervor:

– Alle nicht stromführenden Metallteile, für die im Falle möglicher Isolationsdefekte besondere Schutzmassnahmen notwendig sind, auch wenn diese natürlicherweise gutleitend mit der Erde verbunden sind.

– Ausgedehnte, elektrisch durchverbundene Rohrleitungen und ausgedehnte Metallkonstruktionen.

– Die Gebäudeblitzschutzanlage und die Erdklemmen allfälliger Überspannungsableiter.

Ein praktisches Beispiel eines solchen Potentialausgleichs, der hier über eine Erdungssammelleitung erstellt ist, geht aus Fig. 5 hervor.

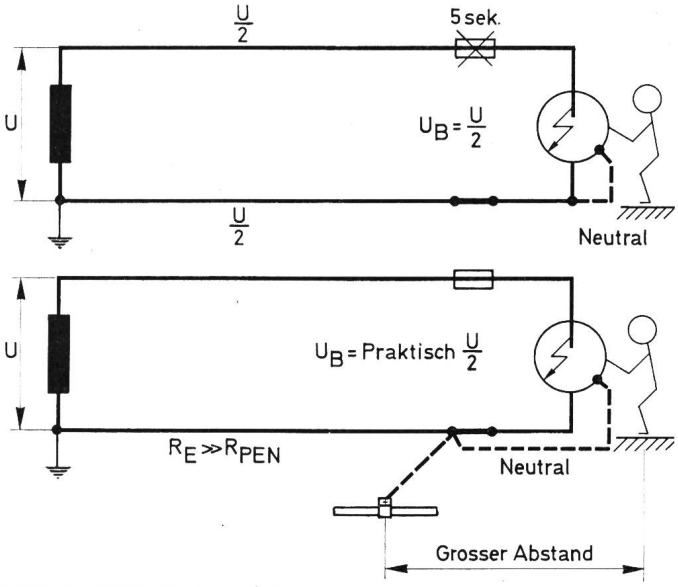


**Fig. 6 Wirkung des Potentialausgleichs**

Es ist zu bemerken, dass bei dieser Anordnung wegen der Gebäudearmierung und des Fundamenterders die Gasleitung mit einer Isoliermuffe versehen (Explosionsgefahr bei Defekten), der Wasserhauszuleitung ein grösserer Bettungswiderstand gegeben und das Netzkabel als isoliert angenommen wurde.

Wie wirkt der Potentialausgleich, zusammen mit einer Schutzmassnahme, zum Beispiel der Nullung, und welche Berührungsspannungen sind zu erwarten?

An einem einfachen Beispiel (Fig. 6) sei dies erläutert: Ein Transformator mit wegführender Leitung, den Überstromunterbrechern und ein genullter Verbraucher.

Im Erdschlussfall wird sich, bis zum Ansprechen des Überstromunterbrechers – was im Extremfall 5 s dauern kann –, am Verbraucher die Spannung U/2 als Berührungsspannung einstellen.

Wird der PEN-Leiter im Objekt über eine Nullungserdleitung, zum Beispiel mit einer Wasserleitung in grosser Entfernung, verbunden und ist der Erdungswiderstand bedeutend grösser als der PEN-Leiter-Widerstand, so wird sich auch in diesem Falle die Berührungsspannung praktisch nicht vom Wert U/2 unterscheiden.

Besitzt das Objekt einen Fundamenterder, so wird, je nach Standort, innerhalb dieses Erders die Berührungsspannung ungefähr den Wert des Spannungsabfalles im PEN-Leiter der Hausinstallation annehmen. Hat der Verbraucher eine Verbindung zu den Armierungseisen, so bewirkt dieser Potentialausgleich, dass die Berührungsspannung gegen Null absinkt.

Ist die speisende Transformatorenstation im Objekt selbst (z. B. in einer Fabrik) und ist deren Systemnullpunkt mit dem Fundamenterder verbunden, so kann am Verbraucher im Erdschlussfall die Berührungsspannung U/2 betragen.

Durch das Verbinden mit benachbarten Metallkonstruktionen, Metallrohrleitungen, Gebäudearmierungen und dergleichen, also durch den Potentialausgleich, kann die Berührungsspannung praktisch auf Null herabgemindert werden.

Bei konsequenter Durchführung des Potentialausgleiches wäre dieser im Gebäudeinnern als Schutzmassnahme anwendbar. In der praktischen Ausführung könnten, zum Beispiel in einem Fabrikgebäude, blanke Kupferleiter von genügendem Querschnitt, überall mit den leitenden Gebäudekonstruktionen verbunden, an den Wänden und in den Leitungskanälen nachgezogen werden. Die elektrischen Apparate wären, anstelle des Schutzleiters, mit diesem Potentialausgleichsleiter zu verbinden, der seinerseits natürlich an den Systemnullpunkt angeschlossen sein müsste.

Der Nachzug des Potentialausgleichleiters in den Leitungskanälen wäre, aus Gründen der Kleinhaltung der Schlaufenimpedanz (Polleiter/Ausgleichsleiter), zu fordern.

Ein solch totaler Potentialausgleich ist oder scheint heute mindestens noch etwas utopisch. Aber schon das Verbinden der ausgedehnten, metallenen Konstruktionsteile kann eine zusätzliche Massnahme darstellen, die die Berührungsspannungen beträchtlich herabzusetzen vermag.

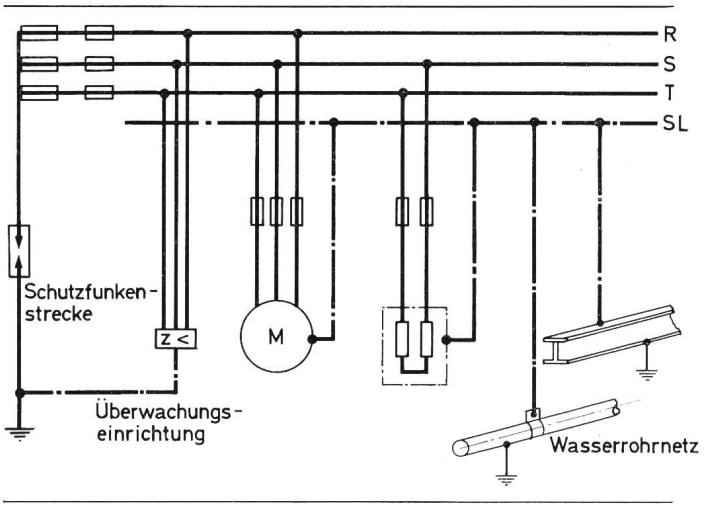


**Fig. 7 Beispiel für Schutzleitungssystem**

Nach dem Revisionsentwurf ist es denn auch ohne weiteres zulässig, mehrere Schutzmassnahmen gleichzeitig anzuwenden, wenn auch schon eine einzige genügen würde, die verlangten Bedingungen zu erfüllen.

So ist es selbstverständlich, dass in einem genullten oder schutzgeerdeten Netz auch sonderisolierte Apparate betrieben werden können.

Die Schutzwirkung in einer Hausinstallation kann aber auch erhöht werden, wenn zur konventionellen Schutzart zusätzlich die Fehlerstromschutzschaltung angewendet wird.

Wie daraus hervorgeht, treten in den Hausinstallationen im Falle eines Erdschlusses Spannungsdifferenzen auf, die normalerweise kaum bemerkt werden und vor allem ungefährlich sind.

## 10. Das Schutzleitungssystem

Anders können sich diese Spannungsdifferenzen in Operationssälen und Intensivstationen der Spitäler auswirken. Dort werden den Patienten zur Überwachung der Herztätigkeit und ähnlichem oft Sonden in die Adern oder ins Herz selbst eingeführt. In einem solchen Falle könnte natürlich schon eine sehr kleine Spannung grosses Unheil anrichten.

An solch speziellen Orten kommt das TI-System, das heisst der isolierte Systemnullpunkt, der vermaschte Schutzleiter und die Überwachungseinrichtung, das sogenannte Schutzleitungssystem, zur Anwendung (Fig. 7).

Bei diesem System wird der erste Erdschluss vorerst einmal durch das Überwachungssystem gemeldet, ohne dass etwas abgeschaltet werden muss oder Schaden nehmen könnte. Der Fehler ist dann allerdings unverzüglich zu suchen und zu beheben; denn bei einem weitern Erdschluss würden auch hier auf dem stromdurchflossenen Schutzleiter Spannungsdifferenzen entstehen.

**Adresse des Autors**

*U. Meyer,* Chef der Abteilung für Hausinstallationen, Centralschweizerische Kraftwerke, 6002 Luzern.