

# POTENTIALAUSGLEICH

Marius Vez, Electrosuisse *Romandie*

**Ausgabe 2005**

|          |                                                                                  |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINFUEHRUNG</b>                                                               | <b>2</b>  |
| 1.1      | BEISPIEL EINER ANLAGE OHNE POTENTIALAUSGLEICH                                    | 2         |
| 1.2      | BEISPIEL EINER ANLAGE MIT POTENTIALAUSGLEICH                                     | 3         |
| 1.3      | ZIEL DES POTENTIALAUSGLEICHS                                                     | 4         |
| 1.4      | ANDERE VORTEILE DES POTENTIALAUSGLEICHS                                          | 4         |
| <b>2</b> | <b>WIRKSAMKEIT DES POTENTIALAUSGLEICHS</b>                                       | <b>4</b>  |
| 2.1      | BERUEHRUNGSSPANNUNG $[U_B]$ GLEICH DER FEHLERSPANNUNG $[U_F]$                    | 4         |
| 2.2      | BERUEHRUNGSSPANNUNG $[U_B]$ GLEICH EINEM BRUCHTEIL<br>DER FEHLERSPANNUNG $[U_F]$ | 6         |
| <b>3</b> | <b>HAUPTPOTENTIALAUSGLEICH</b>                                                   | <b>7</b>  |
| <b>4</b> | <b>SCHUTZ BEI INDIREKTER BERUEHRUNG</b>                                          | <b>9</b>  |
| <b>5</b> | <b>ZUSAETZLICHER POTENTIALAUSGLEICH</b>                                          | <b>9</b>  |
| <b>6</b> | <b>KONTROLLE DES HAUPTPOTENTIALAUSGLEICHS</b>                                    | <b>10</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERENZEN</b>                                                                | <b>12</b> |
| <b>8</b> | <b>PRAKTISCHE BEISPIELE</b>                                                      | <b>12</b> |

**Die französische Informatik-Version dieser Ausgabe ist verbindlich !**

# POTENTIALAUSGLEICHE

## 1 EINFUEHRUNG

In Industrie- und Gewerbebauten treten metallene Gebäudekonstruktionen, Rohrleitungssysteme für Wasser, Druckluft, Zentralheizung, Gas, Ventilation, Antennen, usw. immer häufiger auf. In Wohnungsbauten sind ebenfalls Leitungen für Wasser, Gas, Zentralheizung, Wärmepumpen, usw. vorhanden. Diese Vielzahl von Leitungen bilden in Gebäuden eine Vernetzung von metallenen Systemen. Diese Systeme sind teilweise getrennt, oder teilweise direkt oder indirekt miteinander verbunden. Hinzu kommt, dass die Anzahl der Verbraucher ständig steigt.

### 1.1 BEISPIEL EINER ANLAGE OHNE POTENTIALAUSGLEICH

Wenn nicht alle obgenannten metallenen Teile miteinander galvanisch verbunden sind (Potentialausgleich), kann bei einem Isolationsdefekt für Personen und Sachen eine gefährliche Spannung auftreten (Abb. 1.1).

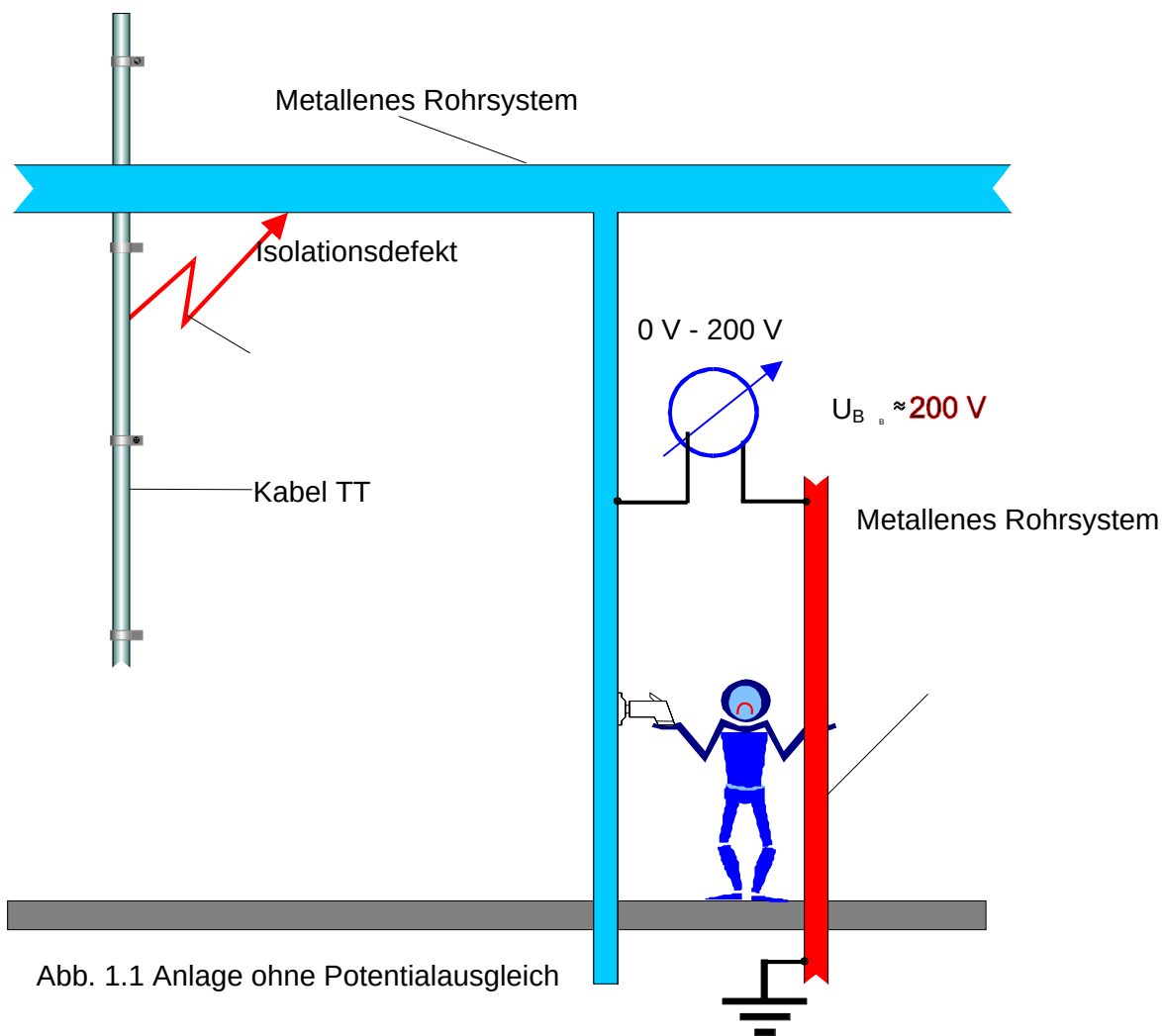


Abb. 1.1 Anlage ohne Potentialausgleich

## 1.2 BEISPIEL EINER ANLAGE MIT POTENTIALAUSGLEICH

Wenn alle Metallteile des Gebäudes miteinander verbunden sind (Potentialausgleich), gemäss NIN 2005 Kap. 5.4.7, und ein Isolationsdefekt auftritt, werden die Berührungsspannungen verhindert oder niedrig gehalten. Es besteht somit keine Gefahr für Personen und Sachen (Abb. 1.2).

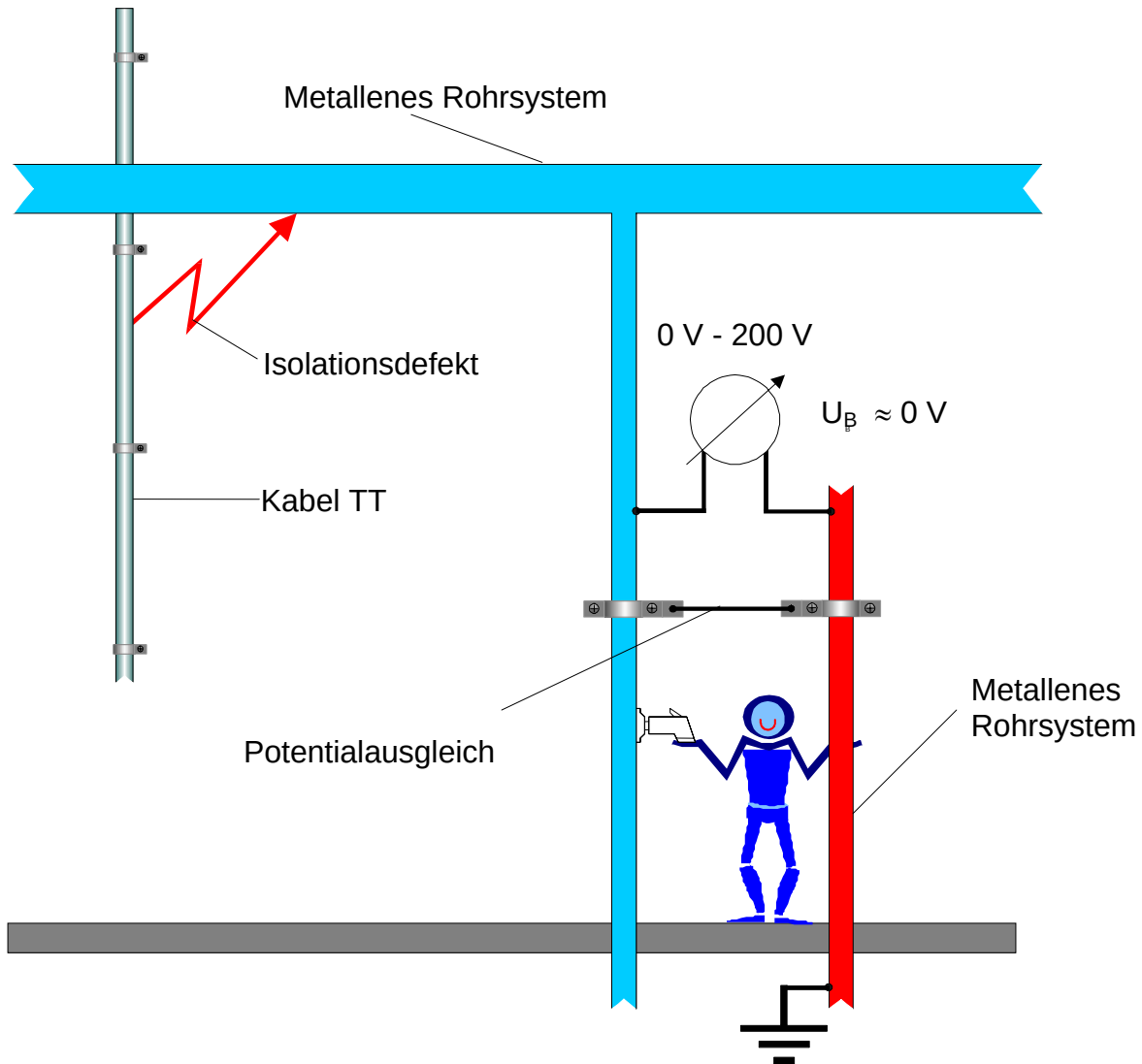


Abb. 1.2 Anlage mit Potentialausgleich

### 1.3 ZIEL DES POTENTIALAUSGLEICHS

Es ist wichtig, dass der Ausführung des Potentialausgleichs eine grosse Beachtung geschenkt wird. Es ist das Ziel, alle metallenen Teile, die nicht zur elektrischen Anlage gehören, an ein gleiches oder ähnliches Potential zu legen. Die genullten Gehäuse der Verbraucher liegen, über die Schutzleiter, an einem ähnlichen Potential wie die nicht zur elektrischen Anlage gehörenden metallenen Teile, welche mit dem Hauptpotentialausgleich verbunden sind. Im Fehlerfall (Kurzschluss zwischen Polleiter und metallenen Gehäuse) bei einem Verbraucher kann eine ungefährliche Potentialdifferenz zwischen dem Gehäuse und den metallenen Teilen entstehen, obwohl beide mit dem Hauptpotentialausgleich verbunden sind. Diese Differenz wird durch den Spannungsabfall im Schutzleiter des Verbrauchers erzeugt.

### 1.4 ANDERE VORTEILE DES POTENTIALAUSGLEICHS

Da der Potentialausgleichsleiter oft parallel zum Schutzleiter installiert ist, wird der Kurzschlussstrom bei einem Fehler zwischen Polleiter und dem genullten metallenen Gehäuse des Verbrauchers erhöht. Im Fall langer Leitungen ist dies ein Vorteil, weil die Auslösung der vorgeschalteten Schutzeinrichtung begünstigt wird.

Bei einem Unterbruch des Schutzleiters kann der Potentialausgleichsleiter, sofern der Querschnitt genügt, in den meisten Fällen dessen Funktion übernehmen.

In unseren Netzen mit Nullung nach System TN ist der Netz-PEN-Leiter durch den Nullungserdleiter mit dem Potentialausgleich verbunden.

In gewissen Fällen trägt diese Verbindung zur Verbesserung des Erdübergangswiderstandes zur Transformatorenstation bei.

## 2 WIRKSAMKEIT DES POTENTIALAUSGLEICHS

Die Wirksamkeit des Potentialausgleichs ist unbestritten. Um dies zu beweisen, falls dies noch nötig ist, betrachten wir zwei verschiedene Fälle : Eine Anlage ohne Hauptpotentialausgleich und eine andere mit Hauptpotentialausgleich. Wir können feststellen, wie sich die Spannungen und Fehlerströme verteilen.

### 2.1 BERUEHRUNGSSPANNUNG $[U_B]$ GLEICH DER FEHLERSPANNUNG $[U_F]$

In einem Drehstromnetz 230/400 V, bei einem Kurzschluss zwischen Polleiter und PEN-Leiter und falls der Querschnitt beider Leiter identisch ist, werden bevor die Schutzeinrichtung auslöst, die Spannungsabfälle im Polleiter und im PEN-Leiter die gleichen sein ( $\approx 115V$  in jedem Leiter). Der Spannungsabfall im Schutzleiter entspricht der Fehlerspannung.

Falls der Querschnitt des PEN-Leiters um 50 % verringert wird, werden sich die Spannungsabfälle wie folgt verteilen : 2/3 im PEN-Leiter (Fehlervoltage) und 1/3 im Polleiter. Dies entspricht jeweils  $\approx 153V$  und  $77V$ .

In einer Anlage ohne Hauptpotentialausgleich zwischen den metallenen Teilen (Gebäudekonstruktion, Wasserleitungen, usw.) wird die Fehlervoltage der Berührungsspannung entsprechen, die zwischen dem Gehäuse des fehlerhaften Verbrauchers und einem metallenen Teil, welcher das gleiche Potential aufweist wie die Referenzterdung. Siehe vereinfachtes Schema (Abb. 2.1.1).

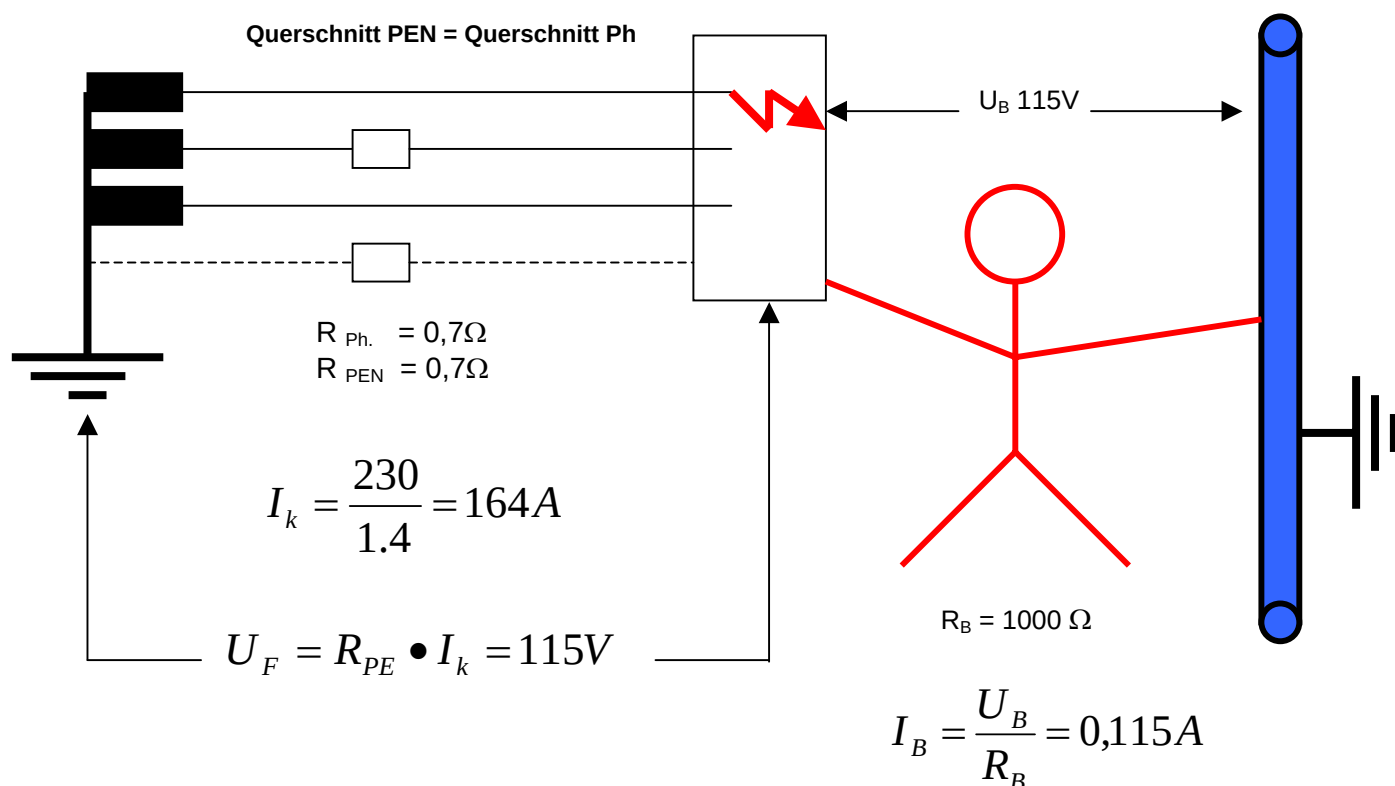


Abb. 2.1.1 Berührungsspannung ohne Potentialausgleich

## 2.2 BERUEHRUNGSSPANNUNG [ $U_B$ ] GLEICH EINEM BRUCHTEIL DER FEHLERSPANNUNG [ $U_F$ ]

In diesem Fall erfüllt der Potentialausgleich sein Ziel. Alle leitfähigen Teile der Anlage, auch jene, die nicht zur elektrischen Installation gehören, befinden sich auf einem ähnlichen Potential. Selbst, wenn die Fehlerspannung länger als 5 Sekunden bestehen bleibt ( $I_k$  zu klein), stellt diese Installation für Personen keine Gefahr dar, weil die Berührungsspannung einem Bruchteil der Fehlerspannung entspricht. In diesem Fall muss aber darauf geachtet werden, dass die Leiterquerschnitte den Kurzschlussstrom während der gesamten Dauer des Fehlers aushalten. Siehe vereinfachtes Schema Abb. 2.2.1.

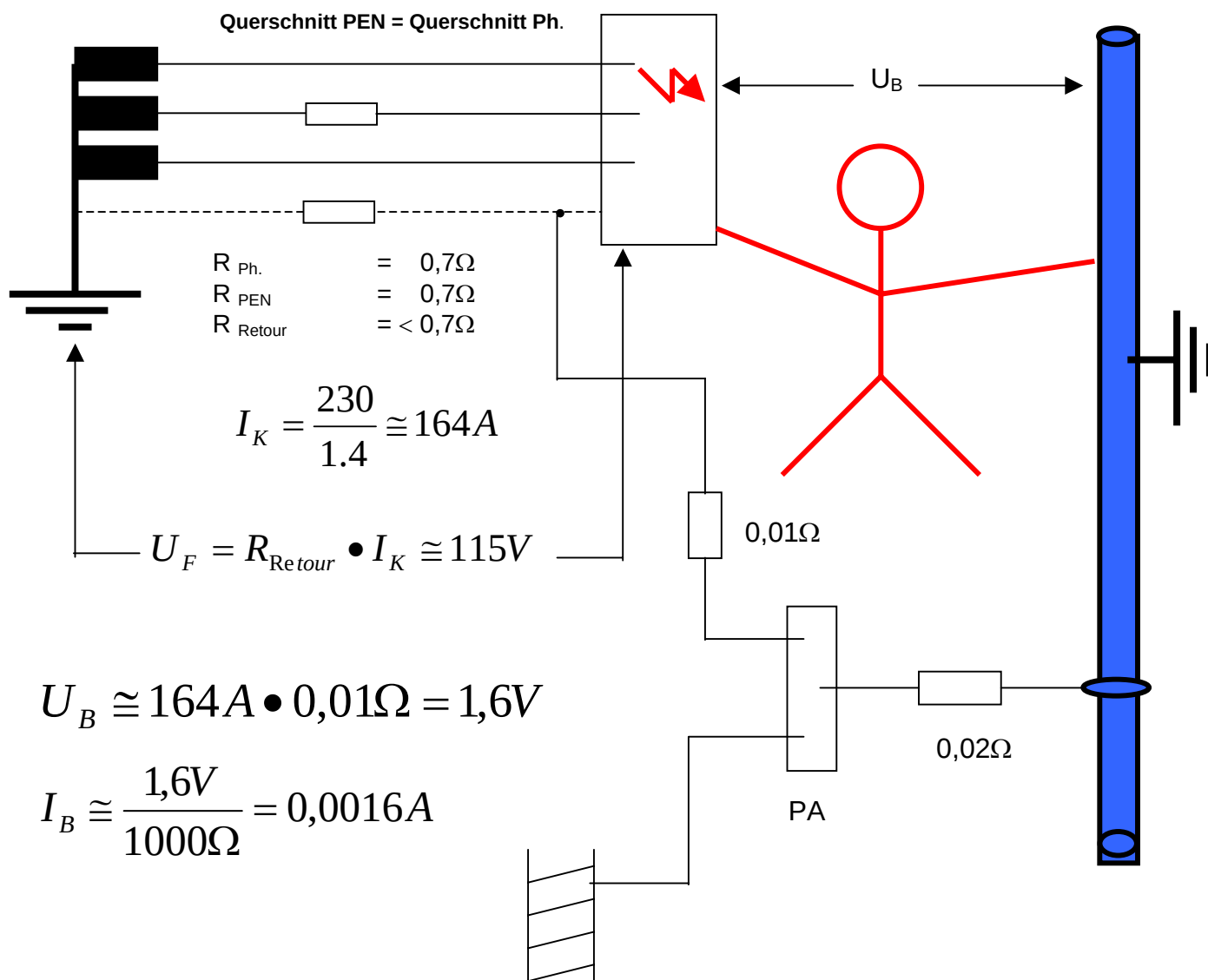


Abb. 2.2.1 Berührungsspannung mit Potentialausgleich

### 3 HAUPTPOTENTIALAUSGLEICH

Gemäss der Norm NIN 2005, Art. 4.1.3.1.2.1 muss in allen Gebäuden ein Hauptpotentialausgleich die folgenden leitfähigen Teile miteinander verbinden :

- Hauptleitungen für Wasser und Gas
- andere metallene Rohrsysteme wie Steigleitungen von Zentralheizungen und Klimaanlage
- Haupterdungsleiter, Haupterdungsklemmen oder Haupterdungsschienen
- PEN-Leiter der Anschlussleitung
- Hauptschutzleiter (PE)
- wesentliche metallene Verstärkungen von Gebäudekonstruktionen aus armiertem Beton, soweit dies möglich ist
- Blitzschutzanlage
- Metallteile der Gebäudekonstruktion, zum Beispiel :
  - Stahlskelette
  - metallene Gerüste
  - Stahlträger
  - Betoneisen
  - Metallfassaden
  - Metallene Umhüllungen
  - Aufzugsführungsschienen

Die Auflistung der in den Hauptpotentialausgleich einzubeziehenden leitfähigen Teile ist aber nicht vollständig. Sie enthält im wesentlichen die häufig vorzufindenden leitfähigen Teile. Weniger häufiger vorkommende leitfähige Teile, zum Beispiel Sprinkleranlagen, Feuerlöschleitungen usw. sind nicht aufgelistet, sind aber auch in den Hauptpotentialausgleich einzubeziehen.

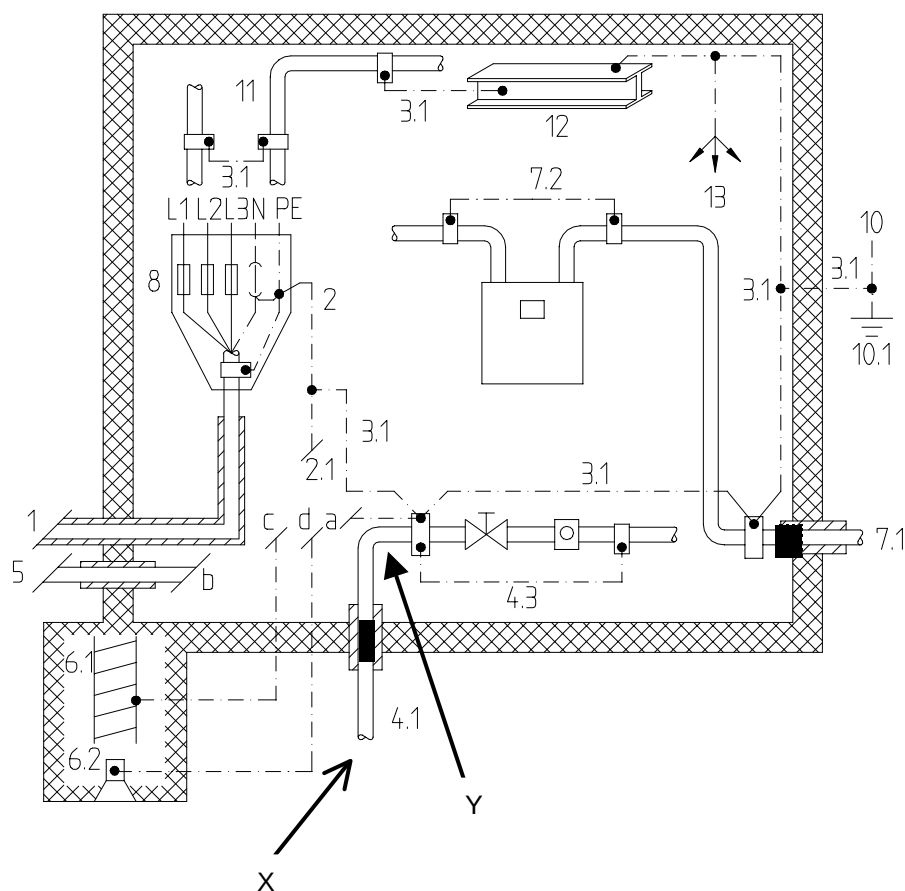
Man muss vom Prinzip ausgehen, dass alle leitenden Elemente, welche nicht zu elektrischen Stromkreisen zählen, an den Hauptpotentialausgleich angeschlossen werden müssen.

Von ausserhalb des Gebäudes kommende leitfähige Teile müssen so nahe wie möglich an ihrem Eintrittspunkt in das Gebäude miteinander verbunden werden.

Metallene Umhüllungen von Fernmeldekabeln und -leitungen müssen in den Hauptpotentialausgleich einbezogen werden, wobei jedoch die Zustimmung des Besitzers oder Betreibers solcher Kabel und Leitungen erforderlich ist.

Im folgenden Schema ist ein Beispiel eines Hauptpotentialausgleichs dargestellt (Abb. 3.1.).

Die Wahl des Querschnittes für den Hauptpotentialausgleich erfolgt gemäss der Norm NIN 2005, Art. 5.4.7.1.1.



- Falls X und Y aus nichtleitendem Material  
→ Ueberbrückung 4.3 entfällt
- Falls X nichtleitend und Y leitend,  
→ Ueberbrückung 4.3 notwendig
- Falls X leitend und Y nichtleitend  
→ Ueberbrückung 4.3 entfällt
- Falls X und Y leitend  
→ Ueberbrückung 4.3 notwendig

Abb. 3.1 Beispiel aus NIN 1000-2, Art. 41411

- |                                                                                                     |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1 Anschlussleitung                                                                                  | 7.1 Ortsgasleitung, mit Isolierstück                 |
| 2 Erdungsleiter                                                                                     | 7.2 Ueberbrückung Gaszähler                          |
| 2.1 Erder gemäss Variante a.b.c oder d<br>NIN 4.1.3.1.3.1 (B+E)                                     | 8 Anschlussüberstromunterbrecher                     |
| 3.1 Hauptpotentialausgleichsleiter                                                                  | 9 Isolierstück                                       |
| 4.1 Ortswasserleitung gut leitend und durchverbunden                                                | 10 Blitzschutzanlage                                 |
| 4.3 Ueberbrückung Wasserzähler, Ventile, und dgl.                                                   | 11 Heizungsleitungen                                 |
| 5 Erdungsleiter isoliert, wird an Hauptwasserleitung<br>oder an einen separaten Erder angeschlossen | 12 Tragende Metallkonstruktionen                     |
| 6.1 Bewehrungsstahl im Beton als Fundamenterder                                                     | 13 Erdungsleitungen für<br>Telekommunikationsanlagen |
| 6.2 Spezieller Leiter im Beton als Fundamenterder                                                   |                                                      |



## 4 SCHUTZ BEI INDIREKTER BERUEHRUNG

Um nach NIN 2005, Art. 4.1.3.1.1 den Schutz bei indirekter Berührung zu gewährleisten, darf bei einem Fehlerfall die Berührungsspannung bestimmte Werte nicht übersteigen. Zwischen einem aktiven Teil und gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen darf die Berührungsspannung bei Wechselstrom max. 50 V und bei Gleichstrom ma. 120 V betragen. Als gleichzeitig berührbar gelten Teile, die weniger als 2.5 m voneinander entfernt sind. NIN 2005, Art. 4.1.2.4. Uebersteigt die Berührungsspannung die obgenannten Werte, muss innert max. 5 Sekunden eine Abschaltung erfolgen. Für besondere Fälle fordert die Tabelle 4.1.3.1.3.3 kürzere Abschaltzeiten, z.B. in Stromkreisen von 230 V für Steckdosen oder festangeschlossene Handgeräte der Schutzklasse I oder ortsveränderliche Betriebsmittel, die während des Betriebes üblicherweise dauernd in der Hand gehalten oder umfasst werden, darf die Abschaltzeit max. 0,4 Sekunden betragen.

## 5 ZUSAETZLICHER POTENTIALAUSGLEICH

Falls die Bedingungen, die im Kapitel 4 aufgeführt sind, nicht eingehalten werden können, muss ein zusätzlicher Potentialausgleich installiert werden. Dieser zusätzliche Potentialausgleich kann die gesamte Anlage, einen Teil der Anlage, einen einzelnen Raum oder gar nur einzelne Betriebsmittel betreffen. Die Schutzleiter der Steckdosen sind ebenfalls in das System einzubeziehen (Abb. 5.1).

Im Beispiel der Abbildung 5.1 kann auf den zusätzlichen Potentialausgleich verzichtet werden, sofern ein Fehlerstromschutzschalter installiert wird. Die Bedingungen des Kapitels 4 würden eingehalten, weil die Auslösezeit des Fehlerstromschutzschalters maximal 0,3 Sekunden beträgt.

Ein zusätzlicher Potentialausgleich ist auch für Anlagen besonderer Art notwendig. Diese Anlagen sind in Kapitel 7 der NIN 2005 aufgelistet. Es sind dies :

- 7.02 Schwimmbecken
- 7.03 Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten
- 7.05 Landwirtschafts- und Gartenbaubetriebe
- 7.06 Begrenzte leitfähige Räume

Nicht zu vergessen ist auch, dass ein zusätzlicher Potentialausgleich in explosionsgefährdeten Bereichen (NIN 2005, Kap. 7.61), sowie in medizinisch genutzten Räumen (NIN 2005, Kap. 7.10), vorgesehen werden muss.

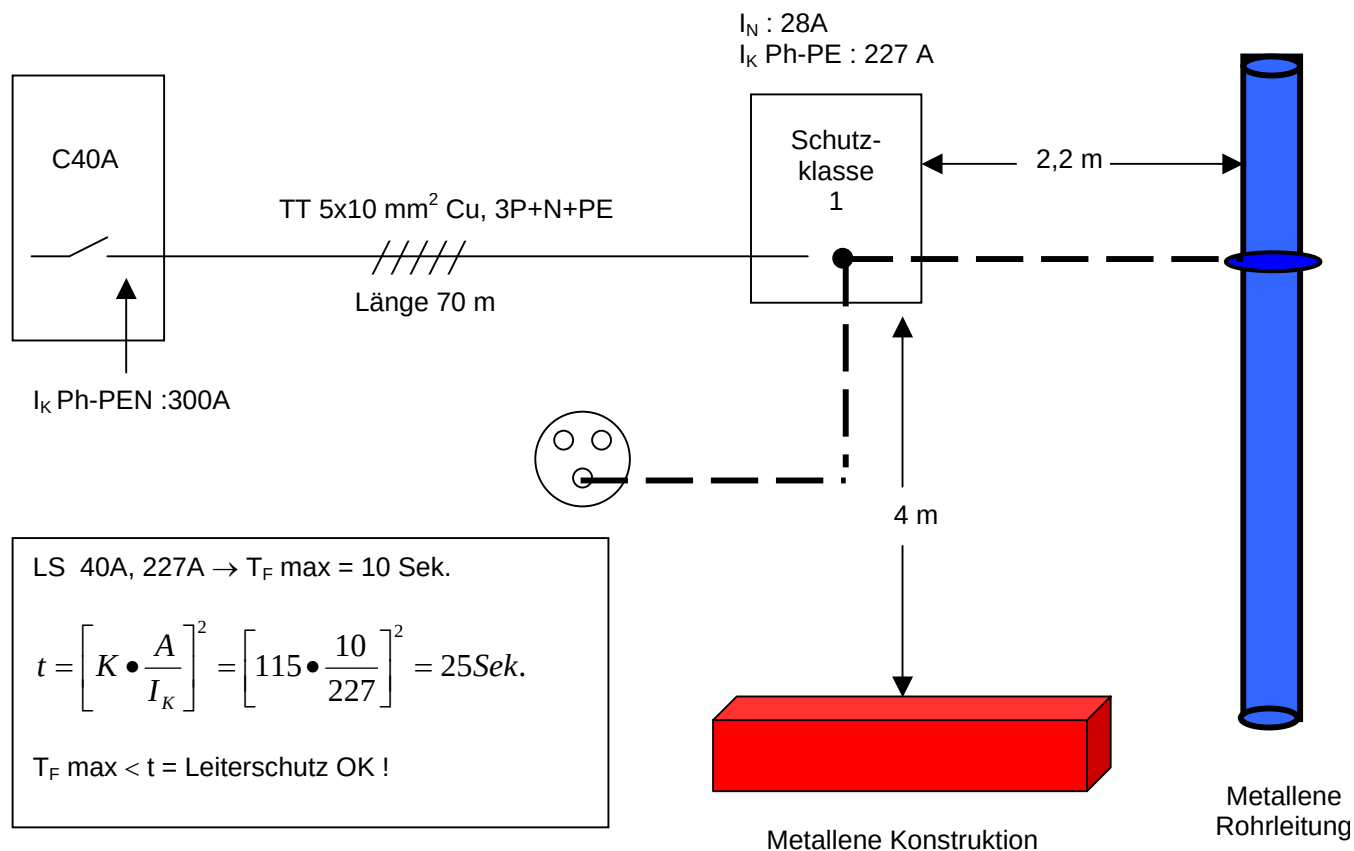


Abb. 5.1 Zusätzliche Potentialausgleiche

## 6 KONTROLLE DES HAUPTPOTENTIALAUSGLEICHS

In den meisten Fällen erfolgt eine visuelle Kontrolle. Kontrolliert wird die Qualität der Verbindungen, die Leiterquerschnitte und deren Bezeichnung.

In gewissen Fällen ist der Potentialausgleich nicht ersichtlich installiert, sondern durch die Konstruktion oder durch die Montage von metallenen Teilen gegeben. Es ist somit nicht immer notwendig, diese Elemente mit einem Leiter an den Hauptpotentialausgleich anzuschliessen. Dies trifft besonders zu bei metallenen Gebäudekonstruktionen, Metalltreppen, Kranschiene, Ventilationskanälen usw.

Im Zweifelsfall kann die Qualität des Potentialausgleichs mit einer Kurzschlussstrommessung wie folgt überprüft werden :

1.  $I_k$  zwischen dem Polleiter und PE oder PEN am Klemmsatz der Verteiltafel, welche die betroffene Anlage speist.
2.  $I_k$  zwischen dem Polleiter am Klemmsatz der Verteiltafel und allen Objekten, welche einen Potentialausgleich benötigen, indem die gleiche Messverkabelung benutzt wird (Abb. 6.1).

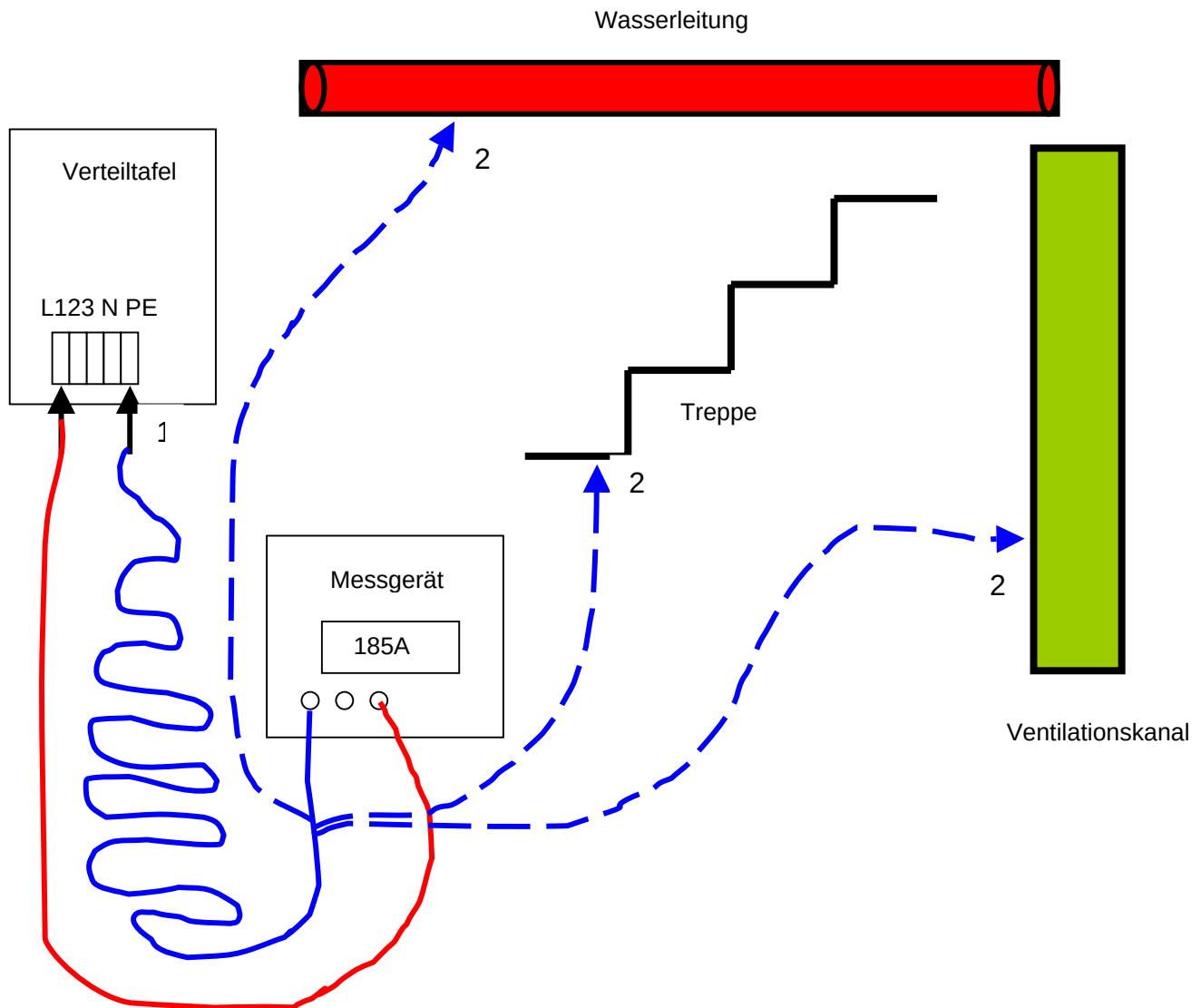


Abb. 6.1 Kontrolle des Potentialausgleichs

Sind die Werte beider Messungen in etwa identisch, kann der Potentialausgleich als gut betrachtet werden. In den meisten Fällen ist der Wert der 2. Messung höher als derjenige, der an den Klemmen der Verteiltafel gemessen wurde. Dies erklärt sich dadurch, dass der Strom mehrere Rückwege bis zur Transformatorenerdung findet (Schleifenwiderstand).

Falls der Wert der 2. Messung mehr als 20 bis 30 % (Toleranz der Messgeräte) tiefer liegt als die Messung am Klemmensatz der Verteiltafel, muss ein Potentialausgleich erstellt werden.

## 7 REFERENZEN

- [1] SEV NIN 2005
- [2] SEV INFO 2047a
- [3] Peter Bryner, Starkstrominspektorat, Schutzmassnahmen Potentialausgleich, SEV-Bulletin 19/1998
- [4] Heinrich Bohnenberger, BKW FMB Energie AG Bern, Bilddokumentation

## 8 PRAKTISCHE BEISPIELE

Die folgende Bilddokumentation zeigt einige Beispiele, für welche oft Zweifel bestehen, ob die metallenen Teile am Hauptpotentialausgleich angeschlossen werden müssen oder nicht. Diese Dokumentation ist nicht vollständig, aber ähnliche Fälle können sicher gleich behandelt und gelöst werden.