

# Schutzmassnahme Potentialausgleich : eine wirksame Vorkehrung für den Personenschutz

Autor(en): **Bryner, Peter**

Objektyp: **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): **89 (1998)**

Heft 19

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-902115>

## **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.

Durch die technische Entwicklung sind in Neubauten nicht nur die Wasser-, Gas- und Starkstrominstallationen umfangreicher geworden, sondern zu ihnen sind in wachsendem Masse Zentralheizungs-, Antennen-, Fernsprech- und Rufanlagen getreten. Diese Vielzahl von Leitungs- und Rohranlagen bildet in den Gebäuden zusammen mit der ständig steigenden Anzahl elektrischer Verbrauchsmittel ein weitverzweigtes Netz metallener Systeme, die ineinandergreifen und unmittelbar oder mittelbar verbunden sind. Fehler oder Mängel in einem dieser Systeme können ungünstige Rückwirkungen auf ein anderes System haben. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Möglichkeiten des Verschleppens elektrischer Spannungen und damit der Gefährdung von Personen und Sachen.

# Schutzmassnahme Potentialausgleich

Eine wirksame Vorkehrung für den Personenschutz

■ Peter Bryner

Um beim Auftreten von Mängeln einen erhöhten Schutz vor allem gegen Berührungsspannungen zu erzielen, wird nach NIN 1000 ein Potentialausgleich gefordert, der alle verwendeten metallenen Systeme miteinander verbindet. Zweck des Potentialausgleichs ist es, in allen

miteinander verbundenen Teilen für annähernd gleiches Potential zu sorgen. Berührungsspannungen, die im Fehlerfall ohne Potentialausgleich zwischen verschiedenen Systemen auftreten können, werden vermieden oder zumindest deutlich herabgesetzt. Dem Potentialausgleich kommt darum immer grösser werdende Bedeutung zu. Bild 1 und Bild 2 zeigen vereinfacht das Wirkungsprinzip.

Der Einbezug von Rohrleitungssystemen (Wasserverbrauchs-, Gasinnen- und

**Adresse des Autors**

Peter Bryner, Starkstrominspektorat  
8320 Fehraltorf, Email peter.bryner@sev.ch

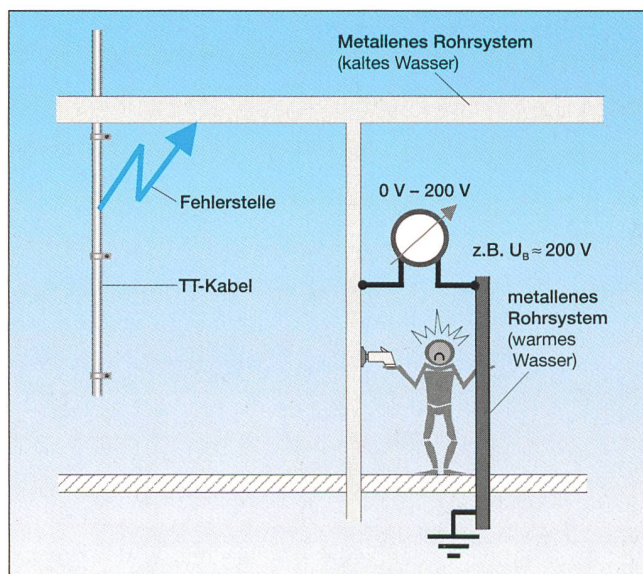


Bild 1 Ohne Potentialausgleich, Spannungsüberbrückung

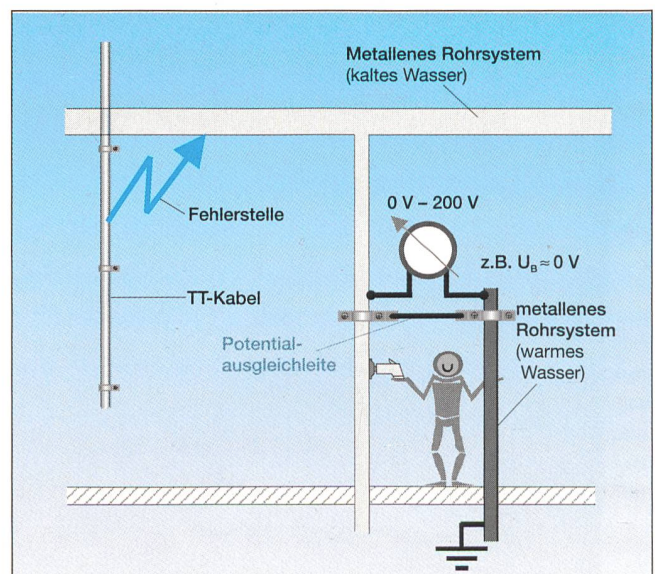
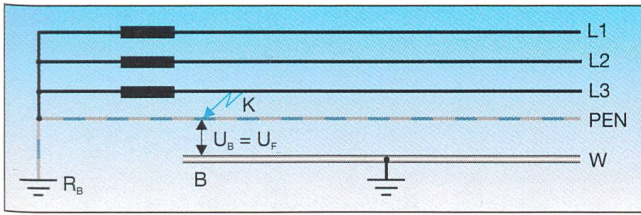


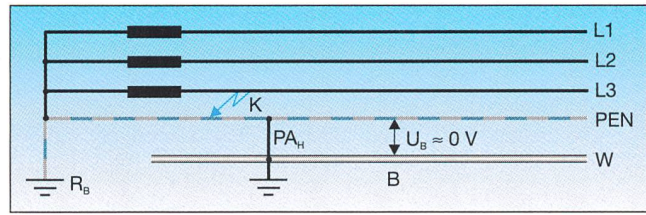
Bild 2 Mit Potentialausgleich, keine Spannungsüberbrückung





**Bild 3** Volle Fehlerspannung zwischen PEN-Leiter und metallener Wasser verbrauchsleitung beim Fehlen des Potentialausgleichs

- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasser verbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- U<sub>F</sub> Fehlerspannung



**Bild 4** Berührungsspannung bei Lage des Fehlers vor der Potentialausgleichsstelle

- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasser verbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- PA<sub>H</sub> Hauptpotentialausgleich

Heizrohrleitungen) in den Potentialausgleich stellt einen beachtlichen Schutzwert dar. Durch den Hauptpotentialausgleich werden an zentraler Stelle einer Anlage fremde, leitfähige Teile – ausgedehnte metallische Gebäudeteile – untereinander und über den Schutzleiter auch mit den Körpern der Verbraucher verbunden. Dadurch nehmen die einbezogenen fremden, leitfähigen Teile und mit Abstrichen ebenfalls die Standflächen und Wände im Wirkungsbereich des Hauptpotentialausgleichs im Fehlerfall, zum Beispiel bei Körperschluss eines Betriebsmittels, eine Fehlerspannung an. Diese Fehlerspannung unterscheidet sich nur durch den Spannungsfall am Schutzleiter von der Fehlerspannung am Körper des schlussbehafteten Betriebsmittels (siehe Abschnitt «Wirksamkeit des Potentialausgleichs» weiter unten). Der Hauptpotentialausgleich vermindert die Höhe der möglichen Berührungsspan-

nung und verringert somit das Risiko einer Personengefährdung.

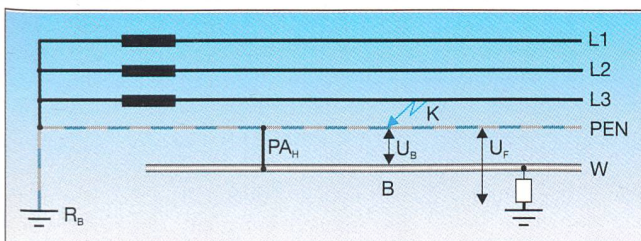
Der Hauptpotentialausgleich bietet auch Schutz in den Fällen, in denen die Schutzmassnahmen durch Abschaltung oder Meldung allein nicht greifen oder durch Fehler unwirksam geworden sind. Im letztgenannten Fall kann der Hauptpotentialausgleich, zusätzlich zu seiner primären Aufgabe des Beseitigens oder Herabsetzens von Potentialunterschieden, die Zuverlässigkeit von Schutzleiter Schutzmassnahmen erhöhen, da er mitunter streckenweise dem vorhandenen Schutzleiter parallel geschaltet ist und für den Fehlerfall Schutzleiterunterbrechung eine gewisse Reserve bietet.

Kommt in einem Gebäude die Schutzmassnahme im TN-System zur Anwendung und ist deshalb der PEN-Leiter mit dem Hauptpotentialausgleich verbunden, so können die in den Hauptpotentialausgleich einbezogenen geerdeten Teile,

zum Beispiel Fundamenterde oder metallenes Wasserrohrnetz, den Betriebserder des Verteilungsnetzes gegebenenfalls verbessern.

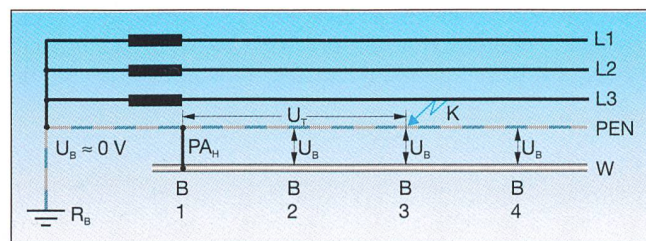
Der Hauptpotentialausgleich wird meist nur an einer Stelle innerhalb eines Gebäudes ausgeführt. Es gibt keine Grenzen für den höchstzulässigen Spannungsfall, der zwischen fremden, leitfähigen Teilen innerhalb des Hauptpotentialausgleichs auftreten darf. Die Berührungsspannung kann sich bei einem Fehler innerhalb der Verbraucheranlage daher deutlich von null unterscheiden. Das tritt um so eher ein, je grösser die Entfernung und je kleiner der Schutzleiterquerschnitt bis zum Anbindungspunkt des Hauptpotentialausgleichs ist.

In der NIN 1000, Art. 41 421 wird darauf hingewiesen, dass neben dem Hauptpotentialausgleich auch ein «zusätzlicher Potentialausgleich» unter bestimmten Voraussetzungen anzuwenden ist. Dieser



**Bild 5** Verminderung der Berührungsspannung infolge Anhebung des Potentials der metallenen Wasser verbrauchsleitung durch Potentialausgleich

- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasser verbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- U<sub>F</sub> Fehlerspannung
- PA<sub>H</sub> Hauptpotentialausgleich



**Bild 6** Berührungsspannung bei Lage des Fehlers hinter der Potentialausgleichsstelle

- Stelle 1 U<sub>B</sub> ≈ 0 V Berührung an der Potentialausgleichsstelle
- Stelle 2 U<sub>B</sub> < U<sub>T</sub> Berührung zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle
- Stelle 3 U<sub>B</sub> ≈ U<sub>T</sub> Berührung an der Fehlerstelle
- Stelle 4 U<sub>B</sub> ≈ U<sub>T</sub> Berührung hinter der Fehlerstelle
- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasser verbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- U<sub>T</sub> Teilspannungsfall auf dem Schutzleiterabschnitt zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle
- PA<sub>H</sub> Hauptpotentialausgleich



## Definitionen

### Schutzklassen

Die Schutzklassen kennzeichnen den Schutz bei indirektem Berühren. Der Schutz gegen direktes Berühren ist bei allen Schutzklassen durch die Grundisolierung gewährleistet.

### Schutzklasse 0

Schutz bei indirektem Berühren ist nicht vorgesehen. Die Körper der Betriebsmittel werden weder an den Schutzleiter der festen Installation angeschlossen, noch sind sie wie bei der Schutzisolierung von aussen unzugänglich.

#### Anmerkung

Beim Versagen der Basisisolierung muss der Schutz gegen gefährliche Körperströme durch die Umgebung, zum Beispiel durch nicht leitende Räume, gewährleistet sein.

### Schutzklasse I $\perp$

Der Schutz bei indirektem Berühren wird durch den Anschluss der Körper an den Schutzleiter der festen Installation sichergestellt.

#### Anmerkung

Beim Versagen der Basisisolierung wird der fehlerhafte Stromkreis automatisch abgeschaltet. Es bleibt keine gefährliche Berührungsspannung bestehen. Beim Anschluss der Betriebsmittel über bewegliche Anschlussleitungen wird vorausgesetzt, dass der Schutzleiter mitgeführt und mit dem Körper des Betriebsmittels verbunden wird.

### Schutzklasse II $\square$

Der Schutz bei indirektem Berühren wird durch eine zweite (doppelte) Isolierung oder durch eine verstärkte Isolierung sichergestellt, die den Bedingungen der Schutzisolierung entsprechen. Es besteht keine Anschlussmöglichkeit für den Schutzleiter (Ausnahmen müssen in den Gerätebestimmungen ausdrücklich zugelassen werden).

#### Anmerkung

Die Betriebsmittel der Schutzklasse II sind hinsichtlich ihres Schutzes bei indirektem Berühren unabhängig von den Installationsbedingungen.

Man unterscheidet vollisolierte Betriebsmittel, bei denen auch die Körper in die Isolierung einbezogen werden, und metallgekapselte Betriebsmittel, bei denen die aktiven Teile gegenüber der Metallkapselung doppelt oder verstärkt isoliert sind.

### Schutzklasse III

Der Schutz bei indirektem Berühren ist nicht vorgesehen.

Der Schutz besteht ausschliesslich in der Begrenzung der Spannung auf die Werte der Kleinspannung ELV.

Betriebsmittel der Schutzklasse III dürfen deshalb nur mit Spannungen betrieben werden, welche den Bedingungen für Kleinspannung SELV oder PELV entsprechen.

zusätzliche Potentialausgleich wird auch «örtlicher Potentialausgleich» genannt und kommt an Orten mit erhöhtem Risiko zur Ausführung. Durch den zusätzlichen Potentialausgleich werden alle gleichzeitig berührbaren Körper fest angebrachter Betriebsmittel in unmittelbarer Nähe des Aufstellungsorts mit allen gleichzeitig berührbaren fremden, leitfähigen Teilen verbunden. Die mögliche Berührungsspannung innerhalb des zusätzlichen Potentialausgleichs wird dadurch im Fehlerfall sehr gering gehalten.

Typische Anwendungsbereiche des zusätzlichen Potentialausgleichs als Ergänzung zum Hauptpotentialausgleich sind zum Beispiel Schwimmbecken (NIN

1000-3, Teil 702), landwirtschaftliche Anwesen (NIN 1000-3, Teil 705), begrenzte leitfähige Räume (NIN 1000-3, Teil 706) und medizinisch genutzte Räume (NIN 1000-1+2, 48 18 [1000-3, Teil 711]).

Der zusätzliche Potentialausgleich allein ist nicht zweckmässig. Er kann sogar zur thermischen Überlastung des am Ausführungsort relativ schwachen Schutzleiters führen und gegebenenfalls eine Brandgefahr hervorrufen. Daher wird der örtliche Potentialausgleich immer nur zusätzlich zum zentralen Hauptpotentialausgleich ausgeführt. Der zentrale Potentialausgleich – Hauptpotentialausgleich – allein ist dagegen möglich.

Auch im Rahmen der internationalen Harmonisierung der Errichtungsbestimmungen hat der Potentialausgleich gegenüber den bisherigen nationalen Bestimmungen an Bedeutung gewonnen.

## Wirksamkeit des Potentialausgleichs

Die berührungsspannungsmindernde Wirkung des Potentialausgleichs ist unbestritten, sein Vorhandensein daher unentbehrlich. Allerdings muss man sich jedoch darüber klar sein, dass die Wirkung des Potentialausgleichs auch ihre Grenzen hat.

An einem Beispiel mit unterschiedlicher Lage der Fehlerstelle soll dies verdeutlicht werden. Vorausgesetzt wird, dass als wirksame Schutzmassnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag (Schutz bei indirektem Berühren) die am häufigsten angewendete Schutzmassnahme, nämlich die sogenannte Nullung, im TN-System vorliegt. Betrachtet wird der Fehlerfall vom Eintritt eines Körperschlusses beziehungsweise eines einpoligen Kurzschlusses bis zur Abschaltung des Fehlers.

### Fall 1: Kein Potentialausgleich vorhanden

Im Fehlerfall wird die den Fehlerstrom treibende Spannung, zum Beispiel 230 V im 230-V-/400-V-Drehstromnetz, so auf den Aussen- und den Schutzleiter sowie auf deren Abschnitte aufgeteilt, dass die Teilspannungen zu den Teilwiderständen proportional sind. Der Einfluss des induktiven Widerstands soll dabei vernachlässigt werden.

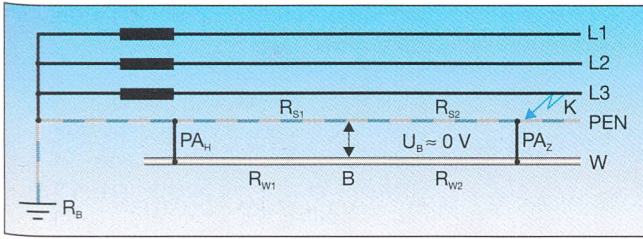
Ist der Betriebserder nur an der Station vorhanden (Bild 3), tritt der auf den Schutzleiter entfallende Anteil der Spannungsfalls als Fehlerspannung auf. Teilt sich der Betriebserder streckenweise auf, tritt nur ein Teil davon als Fehlerspannung auf.

Ist nun kein Potentialausgleich vorhanden, können die nicht zur elektrischen Anlage gehörenden metallenen Teile, zum Beispiel Rohrleitungen, Erdpotential (also Potential 0 V) haben. Damit tritt zwischen diesen und den Körpern der in die Schutzmassnahme einbezogenen Betriebsmittel eine Berührungsspannung in voller Grösse der Fehlerspannung auf.

### Fall 2: Potentialausgleich vorhanden, Fehler vor der Potentialausgleichsstelle

Bei Vorhandensein des Potentialausgleichs und Lage des Fehlers in Energieflussrichtung vor der Potentialausgleichsstelle oder genau bei dieser ist die

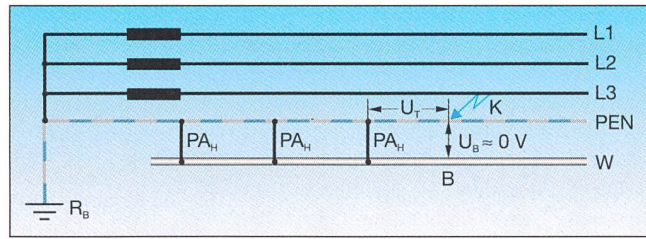




**Bild 7** Berührungsspannung bei Vorhandensein von Hauptpotentialausgleich und zusätzlichem örtlichem Potentialausgleich und Lage des Fehlers ausserhalb des Potentialausgleichsbereichs

Bei proportionaler Widerstandsverteilung am Schutzleiter und an der metallenen Wasserverbrauchsleitung beträgt die Berührungsspannung annähernd 0 V.

- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasserverbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- PA<sub>H</sub> Hauptpotentialausgleich
- PA<sub>Z</sub> zusätzlicher örtlicher Potentialausgleich
- R<sub>S1</sub> Teilwiderstand des Schutzleiters
- R<sub>S2</sub> Teilwiderstand des Schutzleiters
- R<sub>W1</sub> Teilwiderstand der metallenen Wasserverbrauchsleitung
- R<sub>W2</sub> Teilwiderstand der metallenen Wasserverbrauchsleitung



**Bild 8** Berührungsspannung bei Vervielfachung des Potentialausgleichs

- L1, L2, L3 Aussenleiter
- PEN PEN-Leiter
- R<sub>B</sub> Betriebserder
- W metallene Wasserverbrauchsleitung
- K Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
- B Stelle der Berührung
- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- U<sub>T</sub> Teilspannungsfall auf dem Schutzleiterabschnitt zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle
- PA<sub>H</sub> Hauptpotentialausgleich
- PA<sub>Z</sub> zusätzlicher örtlicher Potentialausgleich

Berührungsspannung annähernd 0 V (Bild 4).

**Fall 3: Potentialausgleich vorhanden, Fehler hinter der Potentialausgleichsstelle**

Bei Vorhandensein des Potentialausgleichs und Lage des Fehlers in Energieflussrichtung hinter der Potentialausgleichsstelle wird das Potential der nicht zur elektrischen Anlage gehörenden metallenen Teile, zum Beispiel Rohrleitungen, an das Potential der Körper der in die Schutzmassnahme einbezogenen Betriebsmittel angenähert. Im allgemeinen Sprachgebrauch spricht man auch vom «Anheben» des Potentials. Die Berührungsspannung wird dadurch herabgesetzt (Bild 5). Sie ist dem Spannungsfall auf dem Schutzleiter (PEN) zwischen der Potentialausgleichsstelle und der Berührungsstelle annähernd gleich.

Je nach Lage der Berührungsstelle ergeben sich unterschiedliche Berührungsspannungen (Bild 6):

- An der Potentialausgleichsstelle selbst ist die Berührungsspannung annähernd 0 V.
- An der Fehlerstelle ist die Berührungsspannung dem Spannungsfall des Schutzleiters (PEN) zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle annähernd gleich.
- Hinter der Fehlerstelle hat die Berührungsspannung annähernd die gleiche Grösse wie an der Fehlerstelle.
- Zwischen der Potentialausgleichsstelle und der Fehlerstelle tritt nur ein Teil der Berührungsspannung auf, die dem

Spannungsfall des Schutzleiters zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle annähernd gleich ist.

**Fall 4: Mehrfacher Potentialausgleich vorhanden**

Wird der Potentialausgleich an mehreren Stellen vorgenommen, ist die Berührungsspannung zwischen zwei Potentialausgleichsstellen annähernd 0 V, sofern die Fehlerstelle ausserhalb der zwei Potentialausgleichsstellen liegt und sich die Teilwiderstände des Schutzleiters vor und hinter der Berührungsstelle wie die entsprechenden Teilwiderstände der metallenen Teile, z.B. Rohrleitungen, verhalten (Bild 7).

Folgende Gleichung muss erfüllt sein:

$$\frac{R_{S1}}{R_{S2}} = \frac{R_{W1}}{R_{W2}}$$

mit:

- R<sub>S1</sub>, R<sub>S2</sub> Teilwiderstände des Schutzleiters
- R<sub>W1</sub>, R<sub>W2</sub> Teilwiderstände der metallenen Wasserverbrauchsleitung

Die Vervielfachung des Potentialausgleichs (Bild 8) erhöht die Wirkung. Sie erfolgt aus zweierlei Gründen. Zum einen wegen der mehrfachen Angleichung der Potentiale, zum anderen auch durch die aus der Parallelschaltung des Schutzleiters mit den metallenen Teilen, zum Beispiel Rohrleitungen, resultierende Verminderung des Schutzleiterwiderstands.

Aus Vorgesagtem lässt sich ableiten, dass der Spannungsfall auf einem Schutzleiterabschnitt zwischen der Potentialausgleichsstelle und der Fehlerstelle sich zur

gesamten Spannung (230 V im 230-V-/400-V-Drehstromnetz) verhält wie der Widerstand des gesamten Schutzleiterabschnitts zwischen der Potentialausgleichsstelle und der Fehlerstelle zum Widerstand der gesamten Bahn des Fehlerstroms (Widerstand der Schleife) (Bild 9).

Es ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$\frac{U_B}{U} = \frac{R_{Sh}}{R_{sch}}$$

$$U_B = U \frac{R_{Sh}}{R_{sch}}$$

$$U_B = U \frac{R_{sh}}{R_A + R_{Sv} + R_{Sh}}$$

mit:

- U<sub>B</sub> Berührungsspannung
- U Leiter-Sternpunkt-Spannung
- R<sub>A</sub> Widerstand des Aussenleiters
- R<sub>Sv</sub> Widerstand des Schutzleiters vor der Potentialausgleichsstelle
- R<sub>Sh</sub> Widerstand des Schutzleiters hinter der Potentialausgleichsstelle
- R<sub>Sch</sub> = R<sub>A</sub> + R<sub>Sv</sub> + R<sub>Sh</sub> = Schleifenwiderstand

Diese Spannung U<sub>B</sub> kann an der Fehlerstelle oder hinter der Fehlerstelle als Berührungsspannung auftreten.

Seiner Definition entsprechend erstreckt sich die Wirkung des Potentialausgleichs in erster Linie auf die Herabsetzung der Berührungsspannung zwischen den durch ihn verbundenen Körpern und den metallenen Teilen, zum



Beispiel Rohrleitungen. Nebenbei und zusätzlich ergibt sich ebenfalls eine Verminderung der Berührungsspannungen gegen Wände, Fussböden und sonstige, nicht in den Potentialausgleich einbezogene metallene Teile (Bild 10).

Diese Verminderung der Berührungsspannung ergibt sich beim mehrfachen Potentialausgleich durch die aus der Parallelschaltung des Schutzleiters mit metallenen Teilen, zum Beispiel Rohrleitungen, hervorgerufene Verringerung des Schutzleiterwiderstands. Der Potentialausgleich bringt demnach eine je nach vorliegenden Verhältnissen mehr oder weniger wirksame Art der Potentialsteuerung.

## Forderung an den Potentialausgleich

### Hauptpotentialausgleich

Nach SN SEV 1000-3, Abschnitt 413. 1.2.1, müssen in jedem Gebäude Hauptschutzleiter, Haupterdungsleiter und Haupterdungsklemme oder Haupterdungsschiene (Potentialausgleichsschiene) und die folgenden fremden, leitfähigen Teile zu einem Hauptpotentialausgleich verbunden werden.

In jedem Gebäude muss ein Hauptpotentialausgleich die folgenden leitfähigen Teile miteinander verbinden:

- Hauptschutzleiter (PE)
- PEN-Leiter
- Haupterdungsleiter, Haupterdungsklemme oder Haupterdungsschiene
- metallene Rohrleitungen von Versorgungssystemen innerhalb des Gebäudes, zum Beispiel Gas, Wasser

- Metallteile der Gebäudekonstruktion, Steigleitungen von Zentralheizungs- und Klimaanlage
- metallene Gebäudekonstruktion, soweit möglich

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

Irgendwelche metallischen Umhüllungen von Fernmeldekabeln und -leitungen müssen in den Potentialausgleich einbezogen werden, wobei es jedoch erforderlich ist, die Zustimmung des Eigners oder Betreibers derartiger Kabel und Leitungen einzuholen.

### Zusätzlicher Potentialausgleich

Nach SN SEV 1000-3, Abschnitt 413. 1.2.2, muss ein zusätzlicher Potentialausgleich – örtlicher Potentialausgleich – angewendet werden, wenn die festgelegten Bedingungen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung bei der Schutzmassnahme «Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren)» in der Anlage oder in einem Teil der Anlage nicht erfüllt werden können.

In einer Anmerkung 2 weist SN SEV 1000-3 darauf hin, dass der zusätzliche Potentialausgleich die gesamte Anlage, einen Teil der Anlage, einen Bereich oder gar nur ein Gerät einschliessen darf.

Ein wichtiger Hinweis wird in der Anmerkung 3 gemacht. Hier wird darauf hingewiesen, dass ein zusätzlicher Potentialausgleich auch für Anlagen besonde-

rer Art oder aus anderen Gründen gefordert werden darf.

Bei den Anlagen besonderer Art handelt es sich um Anlagen, die insbesondere unter die Gruppe 700 «Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art» der Normen der SN SEV 1000-3 fallen.

- 701 Räume mit Badewanne oder Dusche
- 702 Schwimmbecken
- 703 Räume mit Sauna-Heizgeräten
- 704 Anlagen auf Baustellen
- 705 Landwirtschaftliche Betriebsstätten
- 706 Begrenzte leitfähige Räume
- 707 Erdung von Installationen in Datenverarbeitungsanlagen
- 708 Elektrische Anlagen auf Campingplätzen und in Caravans
- 709 Schaubuden, Ausstellungen
- 710 Explosionsgefährdete Bereiche
- 711 Medizinisch genutzte Räume

In den vorgenannten Normen wird ein eventuell von SN SEV 1000-3 Teile 410 und 540 abweichender Umfang des zusätzlichen Potentialausgleichs festgelegt. Der zusätzliche Potentialausgleich kann – wie schon ausgeführt – die gesamte Anlage, einen Teil der Anlage, einen einzelnen Raum oder gar nur bestimmte Betriebsmittel betreffen.

In der Installationspraxis kommt der zusätzliche Potentialausgleich hauptsächlich in Teilen der elektrischen Anlage zum Einsatz, bei denen aufgrund der Umgebungsbedingungen eine besondere Gefährdung vorliegt (Anlagen besonderer Art) und entsprechende andere Normen ihn verbindlich fordern.

Eine nennenswerte Anwendung des zusätzlichen Potentialausgleichs als Al-

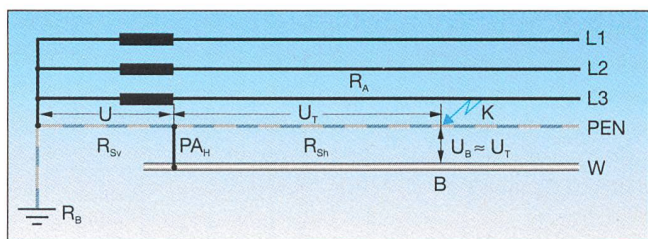


Bild 9 Berührungsspannung, resultierend aus Teilwiderständen der Fehlerstrombahn

L1, L2, L3	Aussenleiter
PEN	PEN-Leiter
R <sub>B</sub>	Betriebserder
W	metallene Wasserverbrauchsleitung
K	Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
B	Stelle der Berührung
U <sub>B</sub>	Berührungsspannung
U <sub>T</sub>	Teilspannungsfall auf dem Schutzleiterabschnitt zwischen Potentialausgleichsstelle und Fehlerstelle
U	Leiter-Sternpunkt-Spannung
R <sub>A</sub>	Widerstand des Aussenleiters
R <sub>sv</sub>	Widerstand des Schutzleiters vor der Potentialausgleichsstelle
R <sub>sh</sub>	Widerstand des Schutzleiters hinter der Potentialausgleichsstelle
R <sub>sch</sub>	Schleifenwiderstand ( $R_{sch} = R_A + R_{sv} + R_{sh}$ )
PA <sub>H</sub>	Hauptpotentialausgleich

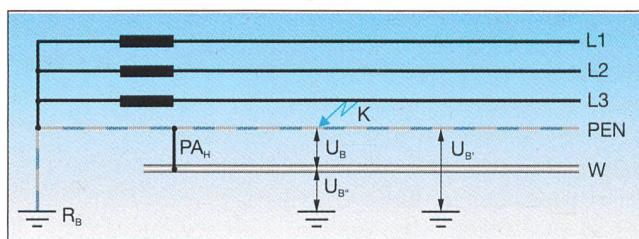
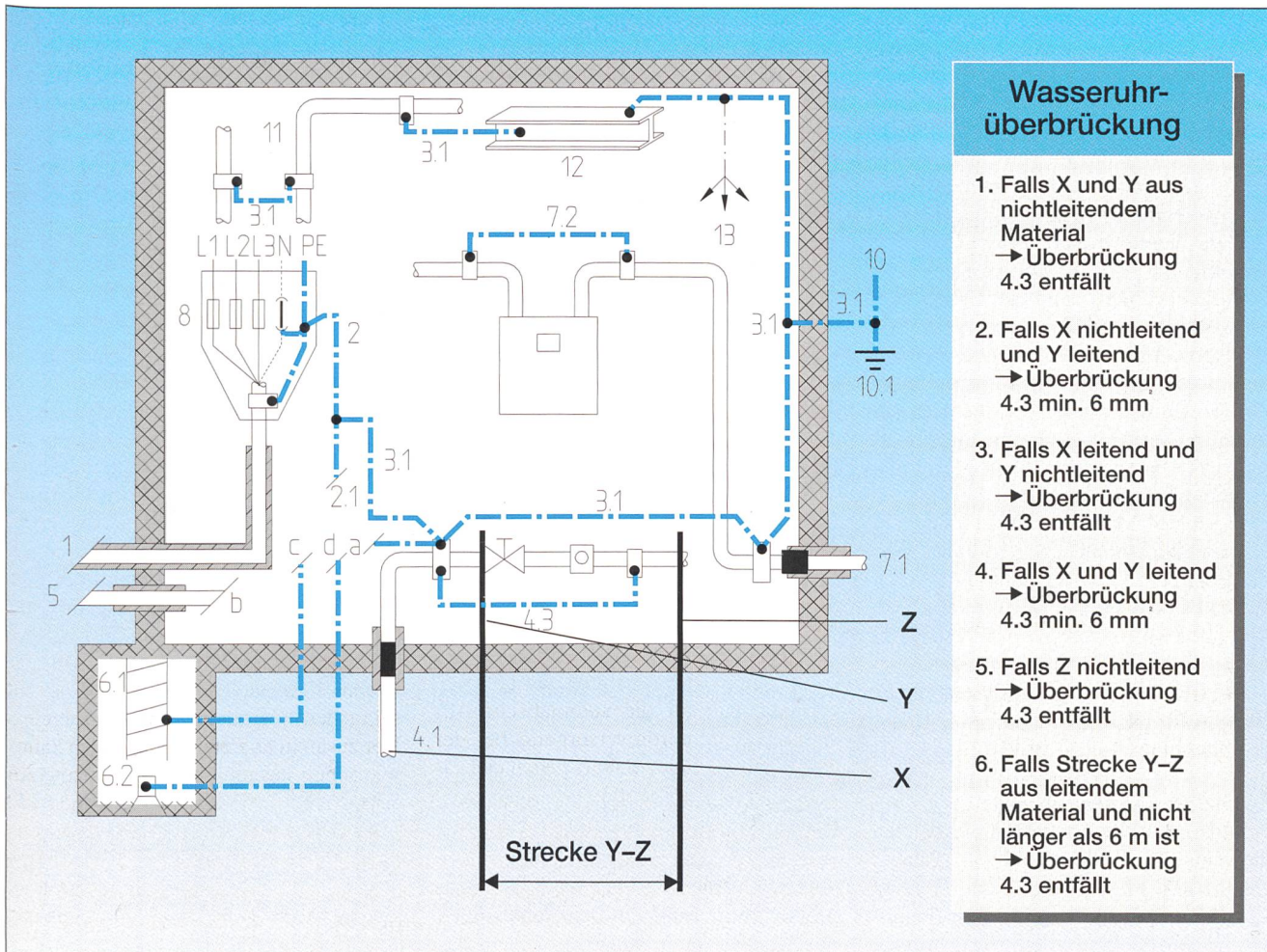


Bild 10 Berührungsspannung bei Nichtvorhandensein einer Potentialsteuerung

L1, L2, L3	Aussenleiter
PEN	PEN-Leiter
R <sub>B</sub>	Betriebserder
W	metallene Wasserverbrauchsleitung
K	Lage des Fehlers (Körperschluss oder einpoliger Kurzschluss)
U <sub>B</sub>	Berührungsspannung
U <sub>B'</sub>	Berührungsspannung des Schutzleiters
U <sub>B''</sub>	Berührungsspannung der metallenen Wasserverbrauchsleitung
PA <sub>H</sub>	Hauptpotentialausgleich





- Wasseruhr-überbrückung**
1. Falls X und Y aus nichtleitendem Material  
→ Überbrückung  
4.3 entfällt
  2. Falls X nichtleitend und Y leitend  
→ Überbrückung  
4.3 min. 6 mm
  3. Falls X leitend und Y nichtleitend  
→ Überbrückung  
4.3 entfällt
  4. Falls X und Y leitend  
→ Überbrückung  
4.3 min. 6 mm
  5. Falls Z nichtleitend  
→ Überbrückung  
4.3 entfällt
  6. Falls Strecke Y-Z aus leitendem Material und nicht länger als 6 m ist  
→ Überbrückung  
4.3 entfällt

Bild 11 Beispiel aus NIN Band 2, Artikel 41 411

- |     |   |      |  |
|-----|---|------|--|
| 1   | Anschlussleitung  | 6.2  | Spezieller Leiter im Beton als Fundamenteerder |
| 2   | Erdungsleiter   | 7.1  | Ortsgasleitung leitend und durchverbunden      |
| 2.1 | Erder gemäss Variante a, b, c oder d (B+E zu - Nullung -)                                       | 7.2  | Überbrückung Gaszähler                         |
| 3.1 | Hauptpotentialausgleichs-Leiter   | 8    | Anschlussüberstrom-Unterbrecher                |
| 4.1 | Ortswasserleitung gut leitend und durchverbunden  | 10   | Blitzschutzanlage                              |
| 4.3 | Überbrückung Wasserzähler, Ventile und dgl.   | 10.1 | Erder für Blitzschutzanlage siehe 2.1          |
| 5   | Erdungsleiter, isoliert, wird an Hauptwasserleitung oder an einen separaten Erder angeschlossen | 11   | Heizungsleitungen                              |
| 6.1 | Armierungsseisen im Beton als Fundamenteerder   | 12   | Tragende Metallkonstruktionen                  |
|     |   | 13   | Erdungsleitungen PTT                           |

ternative zu den Abschaltbedingungen im TN- und TT-System ist nicht gegeben. In diesen Fällen lassen sich Probleme mit der Einhaltung der Abschaltbedingungen in der Praxis immer viel besser durch den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen lösen. Diese Lösung ist in der Praxis wesentlich einfacher zu verwirklichen.

### Was muss in den Potentialausgleich einbezogen werden?

#### Hauptpotentialausgleich

Nach SN SEV 1000-3 Teil 410, Abschnitt 413.1.2.1, sind in jedem Gebäude Hauptschutzleiter, Haupterdungsleiter und Haupterdungsklemme oder Haupterdungsschiene (Potentialausgleichsschiene) und die folgenden fremden, leit-

fähigen Teile zu einem Hauptpotentialausgleich zu verbinden:

- metallene Rohrleitungen von Versorgungssystemen innerhalb des Gebäudes, zum Beispiel Gasinnenleitungen, Wasserverbrauchsleitungen
- Metallteile der Gebäudekonstruktion
- Zentralheizungsanlagen
- Klimaanlage
- wesentliche metallene Verstärkungen von Gebäudekonstruktionen aus bewehrtem Beton, soweit dies möglich ist

Metallteile der Gebäudekonstruktion können zum Beispiel sein:

- Stahlskelette
- Stahlträger
- Stahleinlagen im Beton

- Metallfassaden
- Metalleindeckungen
- Aufzugsführungsschienen

Die Auflistung der in den Hauptpotentialausgleich einzubeziehenden fremden, leitfähigen Teile ist aber nicht vollständig. Sie enthält im wesentlichen die häufig vorzufindenden fremden, leitfähigen Teile. Weniger häufig vorkommende fremde, leitfähige Teile, zum Beispiel Sprinkleranlagen, Feuerlöschleitungen, sind im neuen Teil 410: SN SEV 1000-3, Abschnitt 413.1.2.1, nicht genannt, wengleich sie selbstverständlich auch in den Hauptpotentialausgleich einzubeziehen sind. Alle fremden, leitfähigen Teile müssen zu einem Hauptpotentialausgleich verbunden werden.

Auch alle metallischen Umhüllungen von Fernmeldekabeln und -leitungen



müssen in den Hauptpotentialausgleich einbezogen werden. Für das Einbeziehen ist jedoch die Zustimmung des Besitzers oder Betreibers solcher Kabel und Leitungen einzuholen. Sofern eine Zustimmung nicht erreicht werden kann und die Kabel und Leitungen somit nicht mit dem Hauptpotentialausgleich verbunden sind, liegt die Verantwortung zur Vermeidung der Gefahr beim Besitzer oder Betreiber.

Darüber hinaus sind gegebenenfalls Gleisanlagen und Krangerüste in den Hauptpotentialausgleich einzubeziehen. Einbezogen in den Hauptpotentialausgleich werden auch Antennenanlagen sowie Anlagen der Fernmeldetechnik. Abwasserrohrsysteme können im allgemeinen wegen der hohen Übergangswiderstände (Muffen) nicht wirksam in den Hauptpotentialausgleich einbezogen werden. Der Hauptpotentialausgleich muss mit Potentialausgleichsleitern nach NIN 1000-1 Artikel 41 411 und NIN 1000-3 541.1 durchgeführt werden.

Ein Beispiel für die Ausführung eines Hauptpotentialausgleichs im Hausanschlussraum zeigt Bild 11.

### Zusätzlicher Potentialausgleich

In den zusätzlichen Potentialausgleich für Anlagen besonderer Art (Potentialausgleich, der wegen besonderer Gefährdung aufgrund der Umgebungsbedingungen in den NIN gefordert wird) müssen alle gleichzeitig berührbaren Körper fest angebrachter Betriebsmittel und alle gleichzeitig berührbaren fremden, leitfähigen Teile, zum Beispiel Wasserverbrauchsleitungen, metallene Träger oder Metallwände, einbezogen werden. Sofern durchführbar, gilt dies auch für wesentliche metallische Verstärkungen von Gebäudekonstruktionen von bewehrtem Beton, zum Beispiel die Bewehrung der Stahlbetonkonstruktionen von Gebäuden.

Das Potentialausgleichssystem des zusätzlichen Potentialausgleichs muss mit den Schutzleitern aller Betriebsmittel – auch den von Steckdosen – verbunden werden. Welche Körper fest angebrachter Betriebsmittel als gleichzeitig berührbar gelten, ist indirekt Abschnitt 413.3.3 von SN SEV 1000-3 Teil 410 bei der Behandlung des Schutzes durch nichtleitende Räume zu entnehmen. Danach sind im

Umkehrschluss unter anderem Abstände zwischen den einzelnen Körpern untereinander als gleichzeitig berührbar anzusehen, wenn die Entfernung zwischen zwei Teilen  $\leq 2,5$  m beträgt. Sie kann ausserhalb des Handbereichs auf  $\geq 1,25$  m herabgesetzt werden.

Eine konkrete Aussage darüber, wann zwei Teile als gleichzeitig berührbar gelten, macht auch SN SEV 1000-3 Teil 410 im Abschnitt 412.4 bei der Behandlung des Schutzes durch Abstand. Danach gelten zwei Teile als gleichzeitig berührbar, wenn sie nicht mehr als 2,5 m voneinander entfernt sind. Als fremdes, leitfähiges Teil gilt beispielsweise auch eine leitfähige Standfläche.

SN SEV 1000-3 Teil 410:1997-01 weist in einer Anmerkung noch darauf hin, dass der zusätzliche Potentialausgleich nicht anwendbar ist, wenn der Fussboden aus nicht isolierendem Material besteht und nicht einbezogen werden kann. Das Einbeziehen aller gleichzeitig berührbaren Körper beschränkt sich auf fest angebrachte Betriebsmittel. Beim Einsatz ortsveränderlicher Verbrauchsmittel der Schutzklasse I können die Anforderungen nicht immer eingehalten werden. Als Beispiel hierfür ist eine längere, bewegliche Anschlussleitung eines Verbrauchsmittels zu nennen, die eine grössere Entfernung als den Handbereich überbrücken kann. Ausserdem kann das

ortsveränderliche Verbrauchsmittel ausserhalb des Bereichs genutzt werden, in dem der zusätzliche Potentialausgleich zur Anwendung kommt. Die Wirksamkeit des zusätzlichen Potentialausgleichs wird damit aufgehoben. Der zusätzliche Potentialausgleich muss mit Potentialausgleichsleitern nach SN SEV 1000-3 Teil 540 durchgeführt werden. Er kann allerdings ebenfalls durch fremde leitfähige Teile wie Metallkonstruktionen oder durch zusätzliche Leiter oder durch eine Kombination von beiden hergestellt werden. Sowohl im TN-System als auch im TT-System können die Potentialausgleichsleiter des zusätzlichen Potentialausgleichs als Ergänzung der Schutzleiter angesehen werden. In der Installationspraxis wird wohl bis auf wenige Ausnahmen der zusätzliche Potentialausgleich für Anlagen besonderer Art (wegen besonderer Gefährdung aufgrund der Umgebungsbedingungen), in den SEV-Bestimmungen insbesondere die Gruppe 700 der Normen der Reihe SN SEV 1000-3, verwendet werden.

### Literatur

- [1] SN 1000-1-3, SEV 1997.
- [2] SN 413569 Erden als Schutzmassnahme, Teil 1-3.
- [3] SN 4113 Fundamenterder.
- [4] P. Conrad: Neue Erdungsvorschriften.
- [5] P. Bryner: Von der HV zur NIN.
- [6] VDE-Schriftenreihe, 35.

## L'équipotentialité, mesure de protection

### Une précaution efficace pour la protection des personnes

Dû au progrès technique, dans les nouveaux bâtiments, non seulement les installations d'eau, de gaz et de courant à haute tension sont plus étendues, mais s'y ajoutent des systèmes de chauffage central, d'antennes, de téléphone et d'appel de plus en plus complexes. Cette multitude de lignes et de tuyaux, en connexion avec le nombre toujours croissant d'appareils électriques, constitue un réseau très ramifié de systèmes métalliques qui s'emboîtent mutuellement reliés les uns aux autres directement ou indirectement. Les défauts et les insuffisances d'un système peuvent produire des effets négatifs sur un autre. Cela concerne en particulier les tensions électriques vagabondes qui présentent des risques pour les personnes et le matériel.