

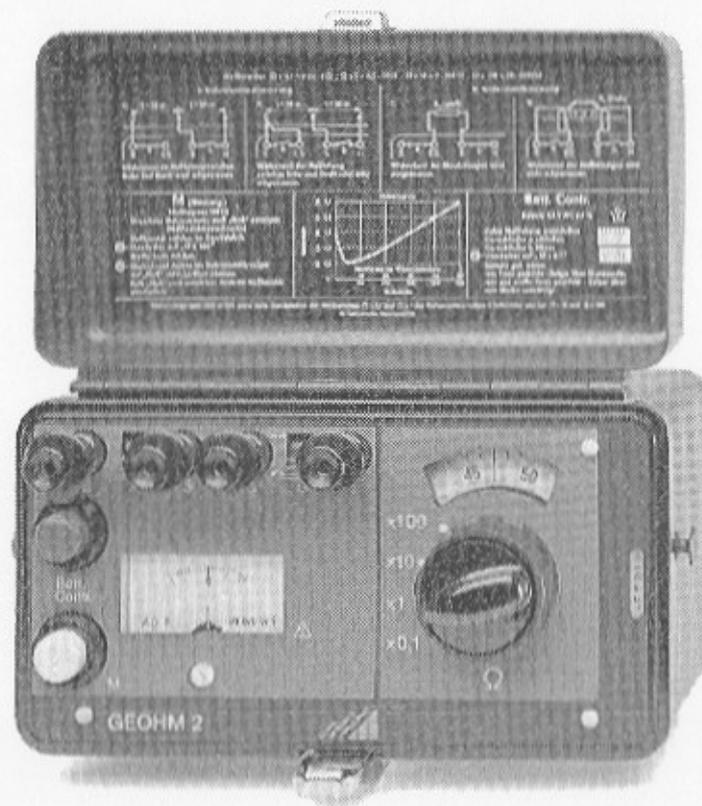
Bedienungsanleitung

GOSSEN  
METRAWATT  
CAMILLE BAUER

# GEOHM<sup>®</sup> 2

## Erdungsmeßgerät

7905-0035Y0  
3/6.96



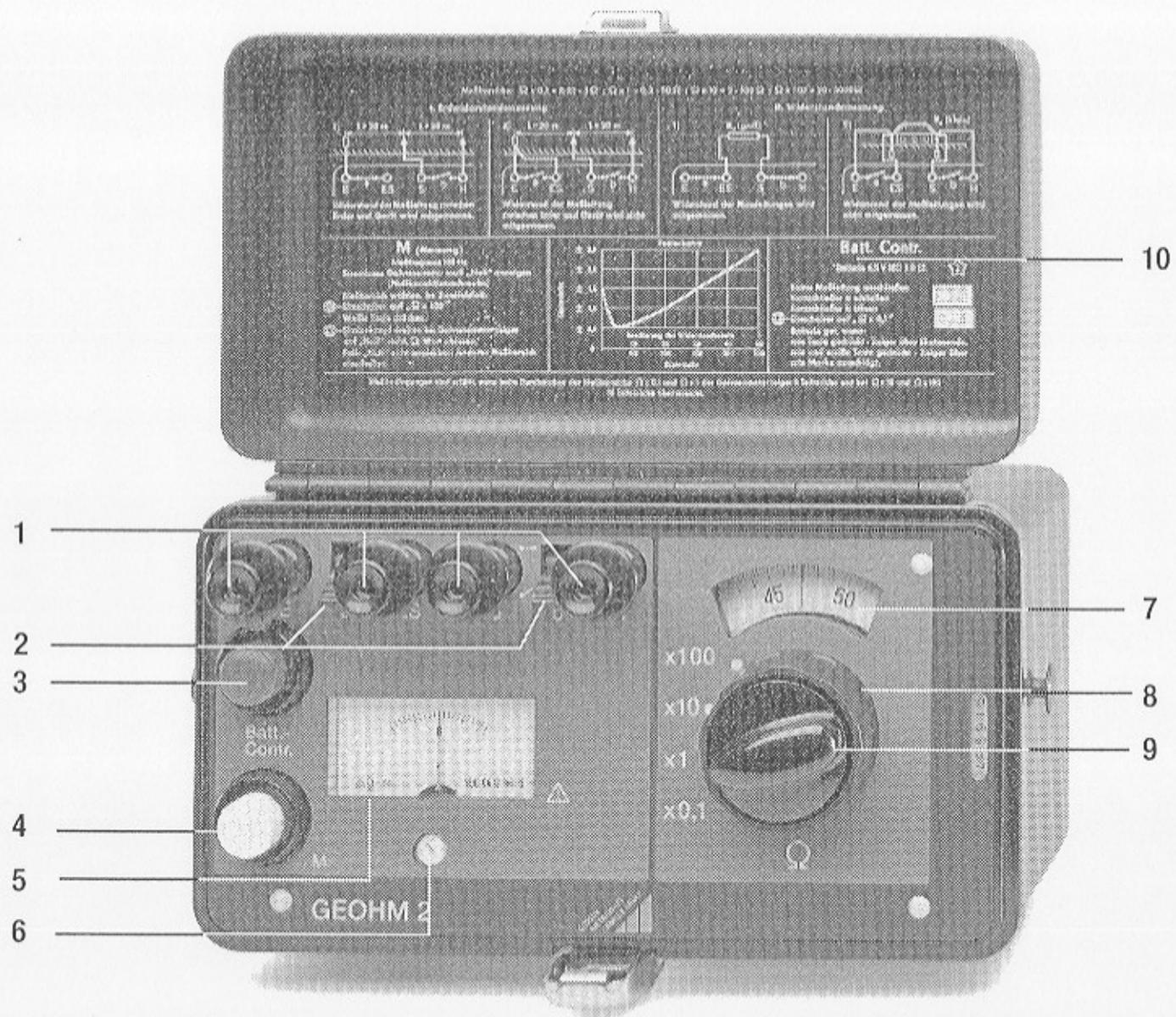


Bild 1 Erdungsmeßgerät GEOHM 2



- 1) Anschlußbuchsen für Bananenstecker und Adapter zum Anschließen von Kabelschuhen oder blanken Drahtenden
- Schalter „a“ und „b“ zum Kurzschließen der Anschlußbuchsen „E“ und „ES“, sowie „S“ und „H“
- 3) Taster für Batteriekontrolle
- 4) Meßtaste „M“
- 5) Galvanometer zum Nullabgleich
- 6) Stellschraube für mechanischen Nullpunkt
- 7) Drehskala
- 8) Rändelknopf für Nullabgleich
- 9) Meßbereichschalter
- 10) Deckel mit Kurzbedienungsanleitung



## Sicherheitshinweise

Das Erdungsmeßgerät ist gemäß DIN VDE 0413 Teil 5 gebaut und geprüft. Bei bestimmungsgemäßer Verwendung gewährleistet dies die Sicherheit von Gerät und Bediener.

Um den sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand zu erhalten und die gefahrlose Verwendung sicherzustellen ist es unerlässlich, daß Sie vor dem Einsatz Ihres Gerätes die Bedienungsanleitung sorgfältig und vollständig lesen und sie in allen Punkten befolgen.

### Instandsetzung, Austausch von Teilen und Abgleich

Beim Öffnen des Gerätes können spannungsführende Teile freigelegt werden. Vor einer Instandsetzung, einem Austausch von Teilen oder einem Abgleich muß das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt werden. Wenn danach eine Reparatur oder ein Abgleich am geöffneten Gerät unter Spannung unvermeidlich ist, so darf dies nur durch eine Fachkraft geschehen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut ist.

### Fehler und außergewöhnliche Beanspruchungen

Wenn anzunehmen ist daß ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern. Es ist anzunehmen, daß ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist,

- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen aufweist,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen,
- nach schweren Transportbeanspruchungen.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite		
<b>1</b>	<b>Verwendung</b> .....	<b>5</b>	<b>5.5</b>	<b>Messung des spezifischen Erdwiderstandes</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung</b> .....	<b>5</b>	<b>5.5.1</b>	<b>Geologische Auswertung</b> .....	<b>17</b>
2.1	Aufbau .....	5	<b>5.5.2</b>	<b>Vorausberechnen von Ausbreitungswiderständen</b> ...	<b>19</b>
2.2	Meß- und Funktionsprinzip .....	6	<b>5.6</b>	<b>Messung von ohmschen Widerständen</b> .....	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>Technische Kennwerte</b> .....	<b>7</b>	<b>5.6.1</b>	<b>Zweileiterverfahren</b> .....	<b>20</b>
3.1	Meßgenauigkeit .....	7	<b>5.6.2</b>	<b>Vierleiterverfahren</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Begriffe</b> .....	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>Wartung</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Bedienung</b> .....	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>Reparatur- und Ersatzteilservice</b> .....	<b>21</b>
5.1	Inbetriebnahme .....	10	<b>8</b>	<b>Schulung</b> .....	<b>21</b>
5.2	Vorbereitung der Messung .....	10			
5.3	Durchführung der Messung .....	11			
5.4	Messung des Erdwiderstandes .....	12			
5.4.1	Aufbau der Meßschaltung, Meßhinweise .....	12			
5.4.1.1	Dreileiterverfahren .....	12			
5.4.1.2	Vierleiterverfahren .....	12			
5.4.1.3	Spannungstrichter .....	13			
5.4.1.4	Ausbreitungswiderstand von Erdern kleiner Ausdehnung .....	13			
5.4.1.5	Ausbreitungswiderstand von Erdungsanlagen größerer Ausdehnung .....	15			
5.4.1.6	Hinweise für Messungen im ungünstigen Gelände ...	15			

## 1 Verwendung

Das GEOHM 2 entspricht DIN VDE 0413 Teil 5 "VDE-Bestimmungen für Geräte zum Prüfen der Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen. Erdungsmeßgeräte nach dem Kompensations-Meßverfahren."

Es dient vorwiegend zur Messung von Erdungswiderständen in elektrischen Anlagen nach

DIN VDE 0100 Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V und in Blitzschutzanlagen nach DIN VDE 0185.

Das Gerät ist außerdem dafür geeignet, den für die Dimensionierung von Erdungsanlagen wichtigen spezifischen Erdwiderstand zu ermitteln. Es kann somit vorteilhaft für einfache geologische Bodenuntersuchungen und bei der Planung von Erdungen verwendet werden.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Erdungsmessers besteht darin, daß vagabundierende Gleich- und Wechselströme, elektrische Erdpotentiale und Polarisationsspannungen die Messung nicht beeinflussen.

Neben dem Einsatz für Erdungsmessungen können Sie das Gerät auch zum Messen ohmscher Widerstände fester und flüssiger Leiter verwenden, sofern diese Widerstände kapazitäts- und induktionsfrei sind.

Das GEOHM 2 kann bequem in der Aktentasche mitgeführt oder am Umhängeriemchen getragen werden.

In einem, als Zubehör lieferbaren, Erdungsmeßkoffer lassen sich das Meßgerät, Werkzeuge und Hilfsmittel, die zur Vorbereitung und Durchführung der mit dem GEOHM 2 möglichen Messungen notwendig sind, übersichtlich und griffbereit unterbringen.

## 2 Beschreibung

### 2.1 Aufbau

Das Erdungsmeßgerät GEOHM 2 hat ein robustes Stahlblechgehäuse. Nach Aufklappen des Deckels sind alle Bedienelemente bequem zugänglich. Die Meßleitungen können über Kabelschuhe oder Stecker angeschlossen werden.

Einer Kurz-Bedienungsanleitung mit Schaltbildern auf der Deckel-Innen-seite können während der Messung benötigte Hinweise entnommen werden.

Zwischen den Anschlußklemmen „E“, „ES“ und „S“, „H“ sind die beiden Kurzschließer „a“ und „b“ angeordnet. Die rote „Batt.-Contr.“ ist für die Batterieprüfung, die weiße Taste „M“ für die Messung vorgesehen. Das Nullgalvanometer zeigt den Abgleich während der Messungen an.

Im GEOHM 2 ist ein von einer handelsüblichen 4,5 V Batterie gespeister elektromagnetischer Zerhacker eingebaut, der eine Wechselspannung (ca. 108 Hz) erzeugt und die Meßspannung für das Galvanometer gleichrichtet, ein Transformator, ein Stromwandler und ein veränderlicher Vergleichswiderstand, dessen Abgriff mit dem Rändelknopf verstellt werden kann.

Im Skalenausschnitt darüber erscheint eine von 0 bis 50 bezifferte Skala, die etwa 200 mm lang und in 250 gleiche Abschnitte geteilt ist. Genaue Ablesung ist durch eine haarfeine Marke gewährleistet.

Mit dem Drehschalter sind die verschiedenen Meßbereichsfaktoren einzustellen. Die bei der Messung auf dem Skalenausschnitt abgelesene Zahl multipliziert mit dem eingeschalteten Faktor ergibt den Widerstandswert. Den Faktoren 0,1; 1,0; 10; 100 entsprechen die Meßbereiche 0 ... 5 / 50 / 500 / 5000  $\Omega$ .

Die Batterie ist nach Öffnen der Bodenplatte leicht zugänglich und austauschbar.

## 2.2 Meß- und Funktionsprinzip

Sobald die weiße Taste „M“ gedrückt wird, fließt bei geschlossenen Kurzschließern „a“ und „b“, von dem Generator „G ~“ der Strom  $I_{\text{prim}}$  über den Meßbereichschalter durch die Primärwicklung des Stromwandlers zur Klemme „H“, den Kurzschließer „b“ zur Klemme „S“, den zu messenden Widerstand  $R_x$  zur Klemme „ES“, den Kurzschließer „a“ zur Klemme „E“ und schließlich von dieser wieder zum Generator „G ~“ zurück.

Der Strom  $I_{\text{sek}}$  des Stromwandlers fließt über den Vergleichswiderstand  $R$ .

Der Anfang des Vergleichswiderstandes  $R$  ist über die Klemme „ES“ mit dem Anfang des zu messenden Widerstandes  $R_x$  und das Ende dieses Widerstandes  $R_x$  über die Klemme „S“, einen Kondensator, das Galvanometer und schließlich durch den Abgriff wieder mit dem Vergleichswiderstand  $R$  verbunden.

Verstellt man durch Drehen des Rändelknopfes den Abgriff auf dem Vergleichswiderstand  $R$  so lange, bis das Galvanometer auf „Null“ zeigt, so sind die Spannungen am unbekanntem Widerstand  $R_x$  und an dem an  $R$  abgegriffenen Widerstand  $R_a$  gleich groß.

$$I_{\text{prim.}} \cdot R_x = I_{\text{sek.}} \cdot R_a \quad \text{daraus} \quad R_x = \frac{I_{\text{sek.}}}{I_{\text{prim.}}} \cdot R_a$$

Das jeweils konstante Übersetzungsverhältnis (da Stromwandler) von  $I_{\text{sek.}} / I_{\text{prim.}} = 0,1; 1; 10$  oder  $100$  ist mit Drehschalter einzustellen.

Der auf der Skala abgelesene Wert für  $R_a$  zwischen  $0$  und  $50$  multipliziert mit dem eingestellten Faktor ergibt den gemessenen Widerstand  $R_x$  in  $\Omega$ .

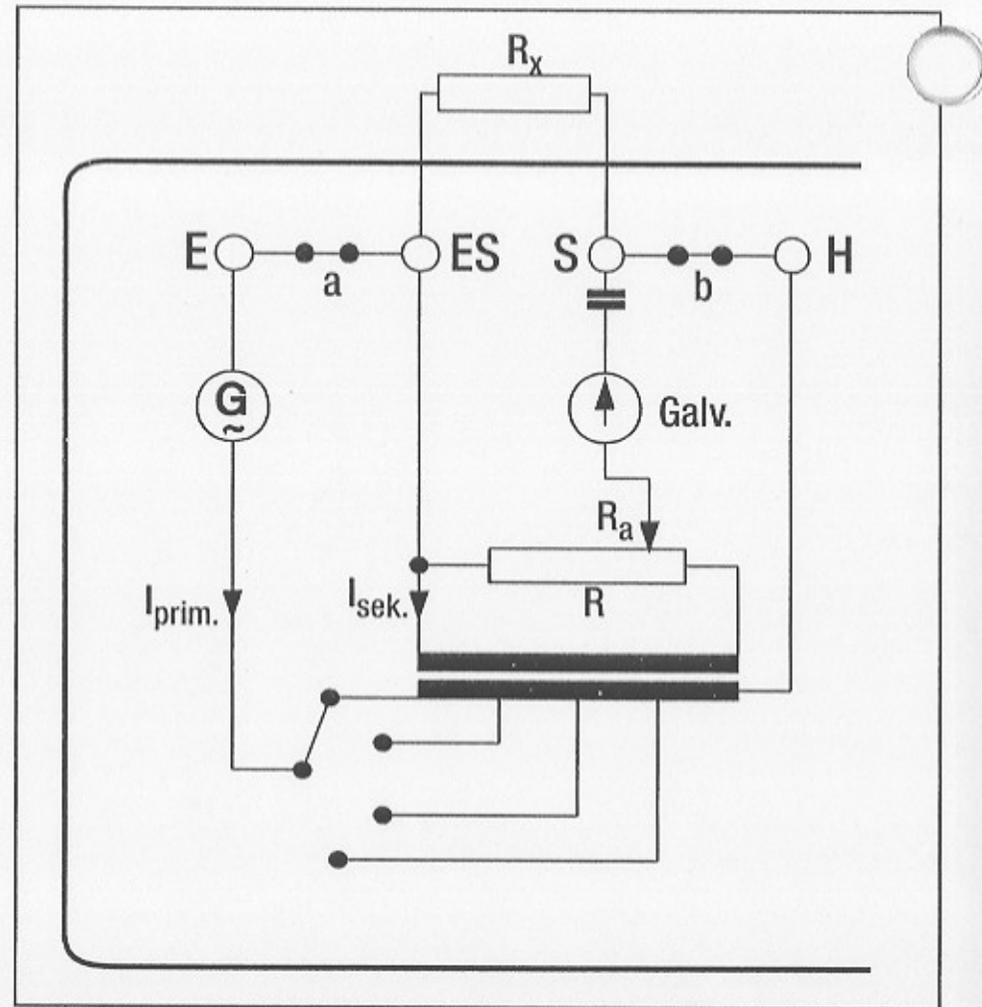


Bild 2 Prinzipschaltung

### 3 Technische Daten

	<b>Meßprinzip</b> Kompensations-Meßmethode, nach DIN VDE 0413, Teil 5						
<b>Meßbereiche</b> <b>Meßfrequenz</b>	0 ... 5 / 50 / 500 / 5000 $\Omega$ . ca. 108 Hz						
<b>Gebrauchsfehler</b>	Die Fehlergrenzen sind abhängig von der Einstellung der Drehskala. <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td><b>Skalenwert</b></td> <td><b>Fehlergrenze</b></td> </tr> <tr> <td>&lt; 15</td> <td><math>\pm 2\%</math> vom Meßwert</td> </tr> <tr> <td>15 ... 50</td> <td><math>\pm 1\%</math> vom Meßwert</td> </tr> </table>	<b>Skalenwert</b>	<b>Fehlergrenze</b>	< 15	$\pm 2\%$ vom Meßwert	15 ... 50	$\pm 1\%$ vom Meßwert
<b>Skalenwert</b>	<b>Fehlergrenze</b>						
< 15	$\pm 2\%$ vom Meßwert						
15 ... 50	$\pm 1\%$ vom Meßwert						
<b>Anzeige</b>	Analogskala 200 mm lang, in 250 gleiche Abschnitte geteilt						
<b>Prüfspannung</b>	2 kV						
<b>Batterie</b>	4,5 V. Handelsübliche Normal-Batterie (IEC 3 LR 12)						
<b>Betriebsdauer</b>	Mit einer Batterie sind ca. 1700 Messungen nach VDE 0413 möglich, d.h. Meßzeit 5 s, Pause 25 s.						
<b>Abmessungen</b> <b>Gewicht</b>	200 x 110 x 125 mm ca. 2,3 kg						



### 3.1 Meßgenauigkeit

Mit dem GEOHM 2 lassen sich ohmsche Widerstände ohne induktive oder kapazitive Komponenten messen.

Die folgende Abbildung zeigt die maximal möglichen Fehler in Skalenteilen, bezogen auf den Skalenausschlag.

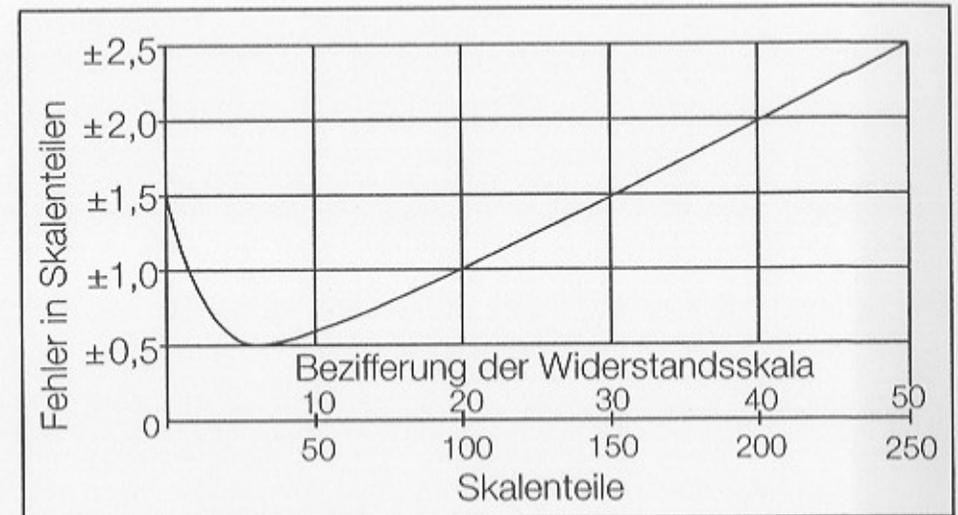


Bild 3 Mögliche Fehler des GEOHM 2 (ohne Sondenwiderstände)

Die Fehlerkurve verläuft vom Wert 50 bis zum Wert 15 der Skala linear gegen „Null“, d.h. in diesem Bereich ist der mögliche Absolutfehler stets gleich groß und bleibt  $\leq 1\%$ .

Unterhalb des Wertes 15 steigt der Absolutfehler und erreicht beim Wert 5  $\leq 2\%$ .

Es ist daher zweckmäßig, den Meßbereich so zu wählen, daß man während der Messung im Skalenbereich 5 bis 50 den Meßwert ablesen kann.

Bei Widerstandsmessungen im Erdreich können auf Grund unzulässig hoher Übergangswiderstände zwischen Sonde und Erdreich größere Meßfehler auftreten (vgl. Kap. 5.2, Seite 10).

Werden die Meßbedingungen eingehalten, können die Fehler maximal 5 Skalenteile, konstant über die ganze Skala, nicht übersteigen.

#### Höchstzulässiger Anzeigewert / Grenzwert des Erdungswiderstandes

Um sicherzugehen, daß die nach VDE geforderten Grenzwerte des Erdungswiderstandes nicht überschritten werden, müssen die Meßfehler der Erdungswiderstands-Meßeinrichtung des GEOHM 2 berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck sind aus dem untenstehenden Diagramm die höchstmöglichen Anzeigewerte für bestimmte Grenzwerte zu ermitteln.

#### Beispiel:

Um einen Grenzwert des Erdungswiderstandes von  $30 \Omega$  nicht zu überschreiten, darf der Anzeigewert auf der Skala des GEOHM 2 nicht größer als  $29 \Omega$  sein (Faktor  $\Omega \times 1$ ).

Bedenkt man, daß sich Erdungswiderstände oft von einem Tag zum anderen um mehrere 100 % ändern, so sind die möglichen Fehler des GEOHM 2 unter Einhaltung der Meßbedingungen (vgl. Kap. 5.2, Seite 10) unwesentlich.

Es ist ein besonderer Vorteil des GEOHM 2, daß es selbst bei verhältnismäßig hohen Sondenwiderständen noch gute Meßresultate liefert.

Treten bei einem Testobjekt, z.B. im Erdreich, Gleichstrompotentiale auf, so können diese das Meßergebnis nicht verfälschen, da ein vor dem Galvanometer liegender Sperrkondensator verhindert, daß von diesen Potentialen erzeugte Gleichströme über das Galvanometer fließen.

Ebenso können sich etwa vorhandene vagabundierende Wechselströme auf die Messung nicht auswirken, weil die Zerhackerfrequenz von ca. 108 Hz außerhalb der üblichen technischen Frequenzen liegt.

Höchstens kann durch Schwebungserscheinungen der Zeiger des Galvanometers zu vibrieren beginnen; die richtige Anzeige liegt dann in der Mitte der Vibrationszone.

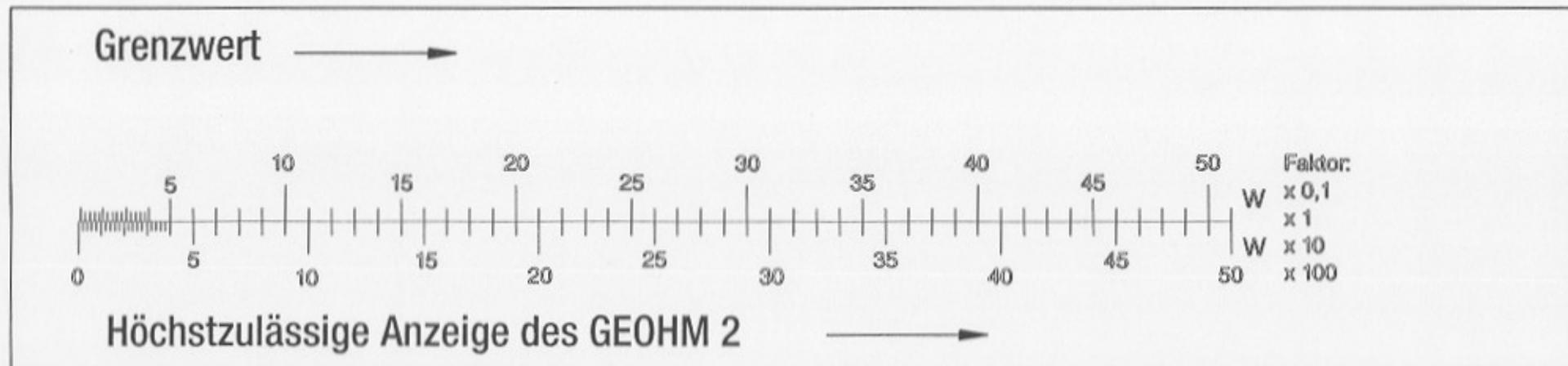


Bild 4 Höchstzulässige Anzeigewerte / Grenzwerte

## 4 Begriffe

Um damit keine Mißverständnisse mit den verwendeten Fachausdrücken entstehen, sind nachfolgend die wichtigsten Begriffe erläutert.

**Erde** ist die Bezeichnung sowohl für die Erde als Ort, als auch für die Erde als Stoff, z.B. Bodenart Humus, Lehm, Kies, Gestein.

**Bezugserde** (neutrale Erde) ist der Bereich der Erde, insbesondere der Erdoberfläche außerhalb des Einflußbereiches eines Erderers bzw. einer Erdungsanlage, in welchem zwischen zwei beliebigen Punkten keine merklichen vom Erdungsstrom herrührende Spannungen auftreten (vgl. Bild 5 Seite 9).

**Erder** ist ein Leiter, der in die Erde eingebettet ist und mit ihr in leitender Verbindung steht oder ein Leiter, der in Beton eingebettet ist, der mit der Erde großflächig in Berührung steht (z.B. Fundamenterder).

**Erdungsleitung** ist eine Leitung, die einen zu erdenden Anlagenteil mit einem Erder verbindet, soweit sie außerhalb des Erdreichs oder isoliert im Erdreich verlegt ist.

**Erdungsanlage** ist eine örtlich abgegrenzte Gesamtheit miteinander leitend verbundener Erder oder in gleicher Weise wirkende Metallteile (z.B. Mastfüße, Bewehrungen, Kabelmetallmäntel und Erdungsleitungen).

**Erden** heißt, einen elektrisch leitfähigen Teil über eine Erdungsanlage mit der Erde verbinden.

**Erdung** ist die Gesamtheit aller Mittel und Maßnahmen zum Erden.

**Erdungswiderstand**  $R_E$  ist der Widerstand zwischen Erdungsanlage und Bezugserde.

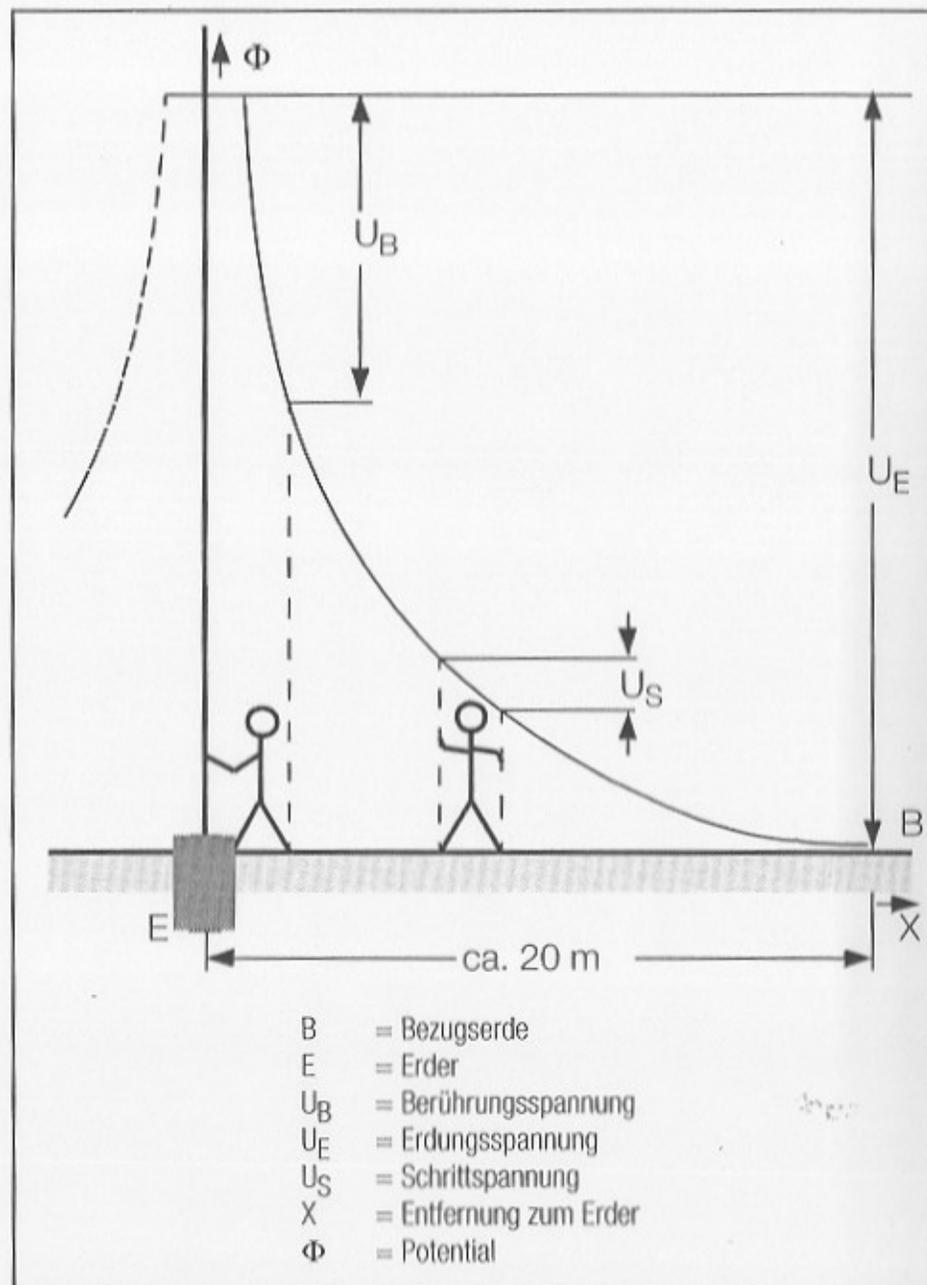


Bild 5 Erdoberflächenpotentiale und Spannungen beim stromdurchflossenen Erder

**Spezifischer Erdwiderstand**  $\rho_E$  ist der spezifische elektrische Widerstand der Erde. Er wird meist in  $\Omega m^2 : m = \Omega m$  angegeben und stellt dann den Widerstand eines Erdwürfels von 1m Kantenlänge zwischen zwei gegenüberliegenden Würfelflächen dar.

**Ausbreitungswiderstand**  $R_A$  eines Erders ist der Widerstand der Erde zwischen dem Erder und der Bezugserde.  $R_A$  ist praktisch ein Wirkwiderstand.

**Erdungsspannung**  $U_E$  ist die zwischen Erdungsanlage und Bezugserde auftretende Spannung (vgl. Bild 5 Seite 9).

**Berührungsspannung**  $U_B$  ist der Teil der Erdungsspannung, der vom Menschen überbrückt werden kann (vgl. Bild 5 Seite 9), wobei der Stromweg über den menschlichen Körper von Hand zu Fuß (waagerechter Abstand vom berührbaren Teil etwa 1m) oder von Hand zu Hand verläuft.

**Schrittspannung**  $U_S$  ist der Teil der Erdungsspannung, der vom Menschen in einem Schritt von 1m Länge überbrückt werden kann, wobei der Stromweg über den menschlichen Körper von Fuß zu Fuß verläuft (vgl. Bild 5 Seite 9). Für die Größe der Schrittspannung sind keine zulässigen Grenzwerte vorgeschrieben.

## 5 Bedienung

### 5.1 Inbetriebnahme

#### Batterie einsetzen

**Achtung:** Stellen Sie sicher, daß vor dem Öffnen des Batteriefaches das Gerät von allen externen Stromkreisen vollständig getrennt ist!

- ⇨ Lösen Sie am Boden des Gerätes die Schlitzschraube des Batteriefachdeckels mit einem geeigneten Werkzeug durch eine halbe Drehung und öffnen Sie den Batteriefachdeckel.
- ⇨ Setzen Sie eine 4,5 V Flach-Batterie IEC 3 LR 12 mit der richtigen Polung entsprechend der Symbole in das Batteriefach ein.
- ⇨ Setzen Sie den Batteriefachdeckel wieder auf und befestigen Sie ihn.
- ⇨ Wird das Erdungsmeßgerät über längere Zeit nicht verwendet, entfernen Sie die Batterie aus dem Fach, um Schäden durch auslaufen des Elektrolyt zu vermeiden.

### 5.2 Vorbereitung der Messung

Beachten Sie vor jeder Messung folgende Punkte:

- ⇨ Kontrollieren Sie die mechanische Nullstellung des Galvanometers und korrigieren Sie diese gegebenenfalls mit der Nullstellungsschraube.
- ⇨ Prüfen Sie den Zustand der Batterie wie folgt:
  - Keine Meßleitungen anschließen
  - Kurzschließer „a“ (Kippschalter) schließen
  - Kurzschließer „b“ (Kippschalter) öffnen
  - Meßbereichschalter auf den Faktor „ $\Omega \times 0,1$ “ stellen

Die Batterie ist für die Messung in Ordnung wenn:

- die rote Taste der Batteriekontrolle gedrückt wird und dabei der Zeiger des Nullgalvanometers über das Skalende ausschlägt;
- die rote Taste der Batteriekontrolle und die weiße Meßtaste gedrückt werden und dabei der Zeiger des Nullgalvanometers über die rote Marke ausschlägt.

Bleiben die Ausschläge unter diesen Werten, so muß die Batterie ausgetauscht werden (vgl. Kap. 5.1, Seite 10).

- ⇨ Kontrollieren Sie, ob nicht unzulässig hohe Übergangswiderstände zwischen der Sonde und dem Erdreich auftreten.

Zu diesem Zweck wird die gewünschte Schaltung angeschlossen und bei gedrückter Taste „M“ am Rändelknopf so lange gedreht, bis das Galvanometer „Null“ zeigt.

Im Skalenausschnitt muß dann bei richtiger Wahl des Meßbereiches (vgl. Kap. 3.1, Seite 7) ein Wert zwischen 5 und 50 angezeigt werden. Nur beim Faktor " $\Omega \times 0,1$ " darf dieser Wert auch kleiner als 5 sein.

Wird nun die Skala um den vollen Umfang (0 bis 50) gedreht, so sind die Meßbedingungen erfüllt, wenn der Zeiger des Nullgalvanometers in den Bereichen " $\Omega \times 0,1$ " und " $\Omega \times 1$ " mindestens 8 Teilstriche und in den Bereichen " $\Omega \times 10$ " und " $\Omega \times 100$ " mindestens 14 Teilstriche überstreicht.

Ist dies nicht der Fall, so sind die (Sonden-) Übergangswiderstände zu verringern.

#### Hinweis:

Treten unzulässig hohe Übergangswiderstände an Sonden auf, so kann man durch Parallelschalten mehrerer Sonden in einem Abstand von 0,5 m bis 1 m senkrecht zur Hauptsondenlinie auf einen noch zulässigen Wert (8 Teilstriche) kommen.

### 5.3 Durchführung der Messung

Nach dem Aufbau der Meßschaltung, wie in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben, führen Sie die Messung wie folgt durch:

- ⇨ Kurzschließer „a“ und „b“ gemäß Meßschaltung öffnen bzw. schließen.
- ⇨ Mit dem Meßbereichschalter größten Meßbereich (Faktor " $\Omega \times 100$ ") einstellen.
- ⇨ Weiße Meßtaste „M“ drücken und Rändelknopf so lange verstellen, bis das Galvanometer „0“ anzeigt.
- ⇨ Den im Skalenausschnitt angezeigten Meßwert ablesen. Liegt dieser Wert unter 5, so ist durch Betätigung des Meßbereichschalters so lange auf einen kleineren Meßbereich umzuschalten, bis man eine Anzeige über „5“ erhält.
- ⇨ Stellen Sie sicher, daß nicht zu hohe Übergangswiderstände zwischen Sonde und Erdreich vorliegen.

Zeigt das Galvanometer durch Verdrehen des Rändelknopfes „Null“, erhält man im Skalenausschnitt jenen Wert angezeigt, der mit dem Faktor (0,1; 1; 10; 100) multipliziert, den Erdungswiderstand in  $\Omega$  angibt.



Das Vierleiterverfahren wird eingesetzt bei einem hohen Zuleitungswiderstand vom Erder zum Geräteanschluß.



Setzen Sie die Spieße für Sonde und Hilfserder in mindestens 20 m bzw. 40 m Entfernung vom Erder.

- ▷ Der Erder wird beim Vierleiterverfahren mit zwei getrennten Meßleitungen mit den Klemmen „E“ bzw. „ES“ verbunden, die Sonde an die Klemme „S“ und der Hilfserder an die Klemme „H“ angeschlossen.
- ▷ Die Kurzschließer „a“ und „b“ werden durch Kippen geöffnet (vgl. Bild 7 Seite 12).

Bei dieser Schaltung wird der **Widerstand der Zuleitung** vom Erder zu Klemme „E“ des Gerätes **nicht mitgemessen**.

**Hinweis:** Um Nebenschlüsse zu vermeiden müssen die Meßleitungen gut isoliert sein. Die Meßleitungen sollten sich nicht kreuzen oder über lange Strecken parallel laufen, um den Einfluß von Verkopplungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

Die Durchführung der Messung erfolgt wie unter Kap. 5.3, Seite 11 beschrieben.



#### 5.4.1.3 Spannungstrichter

Über die geeigneten Standorte von Sonde und Hilfserder erhalten Sie Aufschluß, wenn Sie den Verlauf von Spannung bzw. Ausbreitungswiderstand im Erdreich beachten.

Der vom Erdungsmeßgerät über Erder und Hilfserder geschickte Meßstrom erzeugt um den Erder und den Hilfserder eine Potentialverteilung in Form eines Spannungstrichters (vgl. Bild 8 Seite 14). Analog zur Spannungsverteilung verläuft die Widerstandsverteilung.

Die Ausbreitungswiderstände von Erder und Hilfserder sind in der Regel unterschiedlich. Die beiden Spannungs- bzw. Widerstandstrichter sind deshalb nicht symmetrisch.

#### 5.4.1.4 Ausbreitungswiderstand von Erdern kleiner Ausdehnung

Für das richtige Erfassen des Ausbreitungswiderstandes von Erdern ist die Anordnung der Sonde und Hilfserder sehr wesentlich.

Die Sonde muß zwischen Erder und Hilfserder in der sogenannten neutralen Zone (Bezugserde) eingesetzt werden (vgl. Bild 8 Seite 14).

Die Spannungs- bzw. Widerstandskurve verläuft deshalb innerhalb der neutralen Zone nahezu horizontal.

Für die Wahl der geeigneten Sonden- und Hilfserderwiderstände verfahren Sie wie folgt:

- ▷ Hilfserder in einem Abstand von ca. 40 m vom Erder einschlagen.
- ▷ Sonde in der Mitte der Verbindungslinie Erder - Hilfserder einsetzen und den Erdungswiderstand bestimmen.
- ▷ Sondenabstand 2 - 3 m in Richtung Erder, dann 2 - 3 m in Richtung Hilfserder gegenüber dem ursprünglichen Standort verändern und Erdungswiderstand messen.

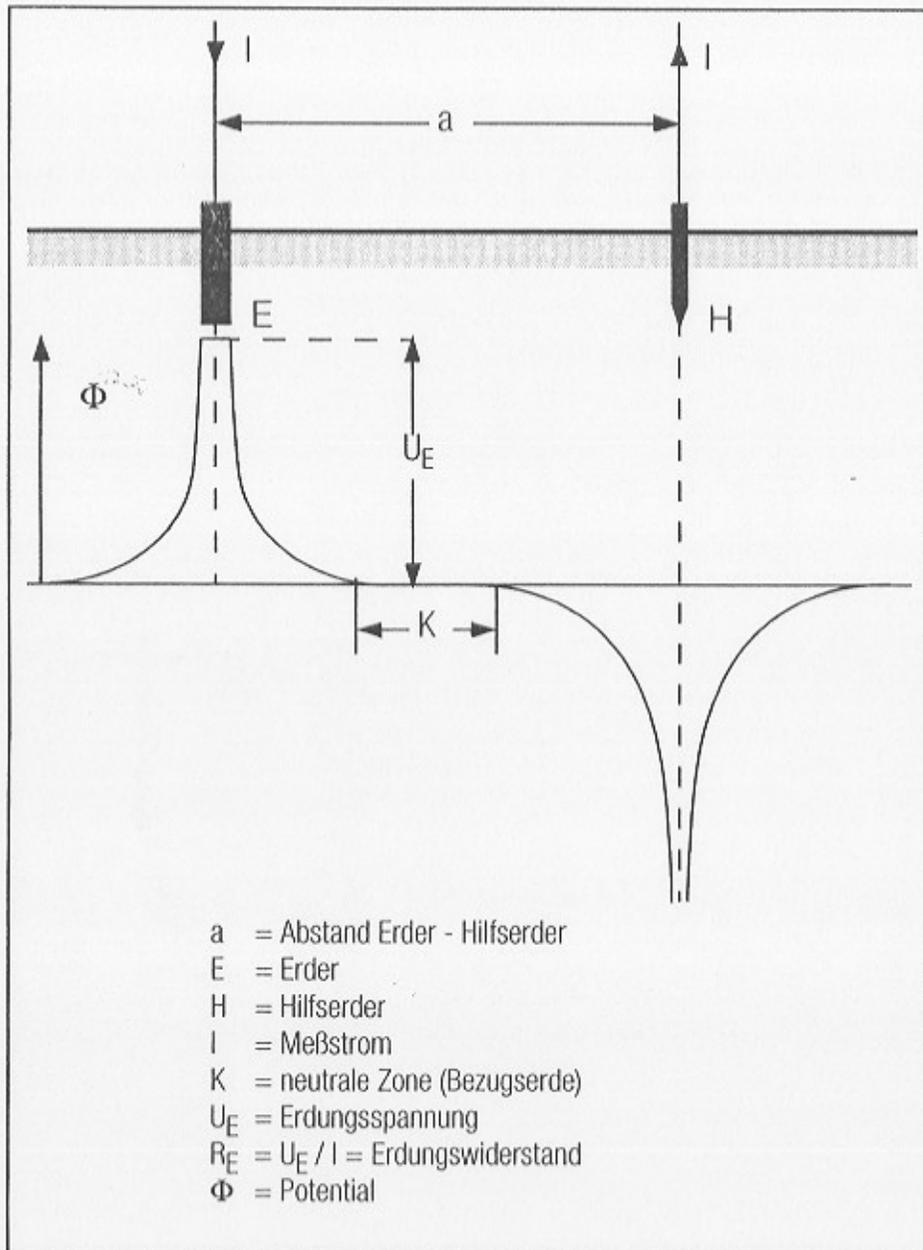


Bild 8 Spannungsverlauf im homogenen Erdreich zwischen Erder E und Hilfserder H

Ergeben die 3 Messungen den gleichen Meßwert, dann ist dies der gesuchte Erdungswiderstand. Die Sonde befindet sich in der neutralen Zone.

Sind die drei Meßwerte für den Erdungswiderstand jedoch voneinander abweichend, dann befindet sich der Sondenstandort entweder nicht in der neutralen Zone oder die Spannungs- bzw. Widerstandskurven verläuft im Sondeneinsteckpunkt nicht horizontal.

Richtige Meßergebnisse können in solchen Fällen entweder durch Vergrößern des Abstandes Hilfserder – Erder oder durch Versetzen der Sonde auf der Mittelsenkrechten zwischen Hilfserder und Erder (Bild 9) erreicht werden. Durch Versetzen der Sonde auf der Mittelsenkrechten wandert der Sondenpunkt aus dem Einflußbereich der beiden Spannungstrichter von Erder und Hilfserder heraus.

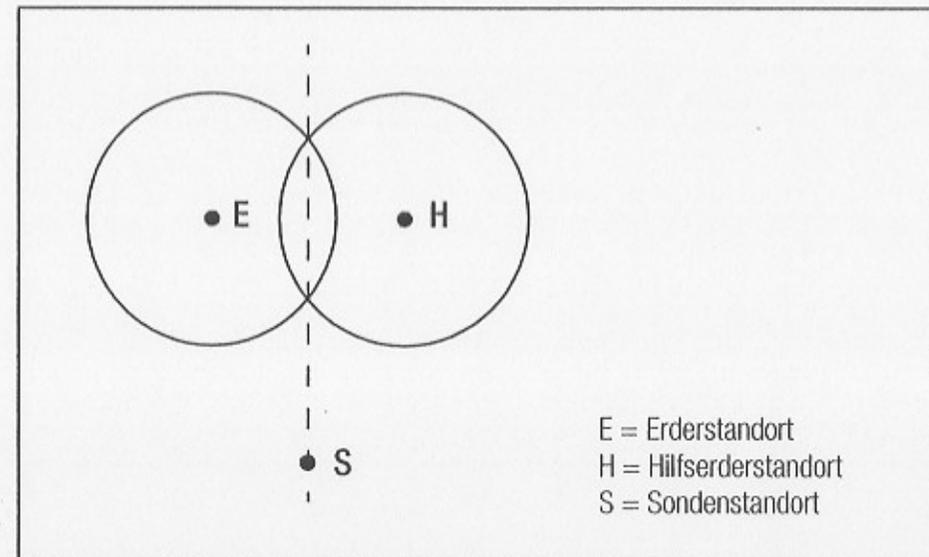


Bild 9 Sondenabstand S außerhalb der sich überschneidenden Spannungstrichter auf der Mittelsenkrechten zwischen Erder E und Hilfserder H

#### 5.4.1.5 Ausbreitungswiderstand von Erdungsanlagen größerer Ausdehnung

Für das Messen ausgedehnter Erdungsanlagen sind wesentlich größere Abstände zu Sonde und Hilfserder erforderlich; man rechnet hier mit dem 2,5- bzw. 5-fachen Wert der größten Diagonale der Erdungsanlage. Solche ausgedehnten Erdungsanlagen weisen oft Ausbreitungswiderstände in der Größenordnung von nur einigen Ohm und weniger auf, so daß es besonders wichtig ist, die Meßsonde in der neutralen Zone einzusetzen.

Die Richtung für Sonde und Hilfserder sollten Sie im rechten Winkel zur größten Längenausdehnung der Erdungsanlage wählen. Der Ausbreitungswiderstand muß klein gehalten werden; notfalls müßten Sie dazu mehrere Erdspeie verwenden (Abstand 1 ... 2 m) und untereinander verbinden.

In der Praxis lassen sich große Meßabstände wegen Geländeschwierigkeiten jedoch oft nicht erreichen.

In diesem Fall verfahren Sie wie in Bild 10 dargestellt.

- ◇ Der Hilfserder H wird im größtmöglichen Abstand von der Erdungsanlage eingesetzt.
- ◇ Mit der Sonde tastet man in gleich großen Schritten den Bereich zwischen Erder und Hilfserder ab (Schrittweite ca. 5 m).
- ◇ Die gemessenen Widerstände werden tabellarisch und anschließend grafisch, wie in Bild 10 dargestellt aufgetragen (Kurve I).

Legt man durch den Wendepunkt S1 eine Parallele zur Abszisse, so teilt diese Linie die Widerstandskurve in zwei Teile.

Der untere Teil ergibt, an der Ordinate gemessen, den gesuchten Ausbreitungswiderstand des Erders  $R_{AE}$ ; der obere Wert ist der Ausbreitungswiderstand des Hilfserders  $R_{AH}$ .

Der Ausbreitungswiderstand des Hilfserders soll bei einer derartigen Meßanordnung kleiner sein als das 100fache des Ausbreitungswiderstandes des Erders.

Bei Widerstandskurven ohne ausgeprägten horizontalen Bereich sollte die Messung mit verändertem Standort des Hilfserders kontrolliert werden. Diese weitere Widerstandskurve ist mit geänderten Abszissenmaßstab so in das erste Diagramm einzutragen, daß beide Hilfserderstandorte zusammenfallen. Mit dem Wendepunkt S2 kann der zuerst ermittelte Ausbreitungswiderstand kontrolliert werden (vgl. Bild 10 Seite 16).

#### 5.4.1.6 Hinweise für Messungen im ungünstigen Gelände

In sehr ungünstigem Gelände (z.B. Sandboden nach längerer Trockenperiode) können durch Begießen der Erde um Hilfserder und Sonde mit Soda- oder Salzwasser der Hilfserder- und Sondenwiderstand auf zulässige Werte verringert werden.

Reicht diese Maßnahme noch nicht aus, dann können zum Hilfserder mehrere Erdspeie parallel geschaltet werden.

Im gebirgigen Gelände oder bei sehr steinigem Untergrund, wo das Einschlagen von Erdspeien nicht möglich ist, können auch Drahtgitter mit 1 cm Maschenweite und ca. 2 m<sup>2</sup> Fläche verwendet werden. Diese Gitter sind flach auf den Boden zu legen, mit Soda- oder Salzwasser zu übergießen und eventuell mit feuchten, erdgefüllten Säcken zu beschweren.

Kurve I (KI)		Kurve II (KII)	
m	$\Omega$	m	$\Omega$
5	0,9	10	0,8
10	1,28	20	0,98
15	1,62	40	1,60
20	1,82	60	1,82
25	1,99	80	2,00
30	2,12	100	2,05
40	2,36	120	2,13
60	2,84	140	2,44
80	3,68	160	2,80
100	200	200	100

S1, S2 = Wendepunkte  
 KI = Kurve I  
 KII = Kurve II

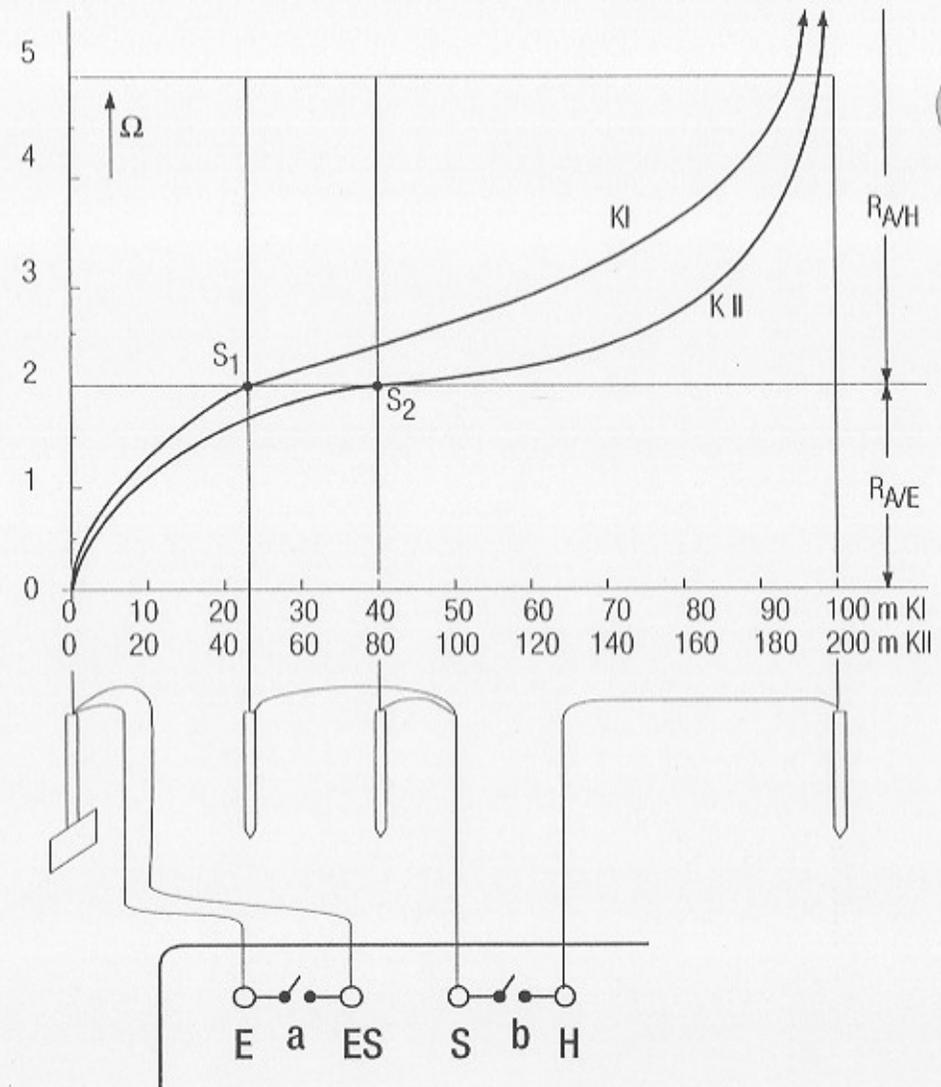


Bild 10 Messen des Erdungswiderstandes einer ausgedehnten Erdungsanlage

## 5.5 Messung des spezifischen Erdwiderstandes

Maßgebend für die Größe des Ausbreitungswiderstandes eines Erders ist der spezifische Widerstand der Erde. Seine Kenntnis ist zur Vorausberechnung des Ausbreitungswiderstandes bei der Planung von Erdungsanlagen notwendig.

Der spezifische Erdwiderstand  $\rho_E$  (vgl. Kap. 4, Seite 9) kann mit dem Erdungsmeßgerät GEOHM 2 nach der Methode von Wenner gemessen werden.

Im Abstand  $e$  werden in gerader Linie vier möglichst lange Erdspeie in den Boden getrieben und mit dem Erdungsmeßgerät verbunden, siehe Bild 11.

Die übliche Länge der Erdspeie beträgt 30 bis 50 cm; bei schlechtleitendem Erdreich (Sandboden etc.) können längere Erdspeie verwendet werden. Die Einschlagtiefe der Erdspeie darf höchstens  $1/20$  des Abstandes  $e$  betragen.

**Hinweis:** Es besteht die Gefahr von Fehlmessungen, wenn parallel zur Meßanordnung Rohrleitungen, Kabel oder andere unterirdische metallene Leitungen verlaufen.

Bei der Schaltung zur Bestimmung des spezifischen Erdwiderstandes müssen beide Kurzschließer „a“ und „b“ durch Kippen geöffnet werden. Die Durchführung der Messung erfolgt wie unter Kap. 5.3, Seite 11 beschrieben.

Den **spezifischen Erdwiderstand** berechnet man nach der Formel:

$$\rho_E = 2\pi \cdot e \cdot R$$

dabei ist:

$$\pi = 3,1416$$

$$e = \text{Abstand zwischen zwei Erdspeien in m}$$

$$R = \text{ermittelter Widerstandswert in } \Omega$$

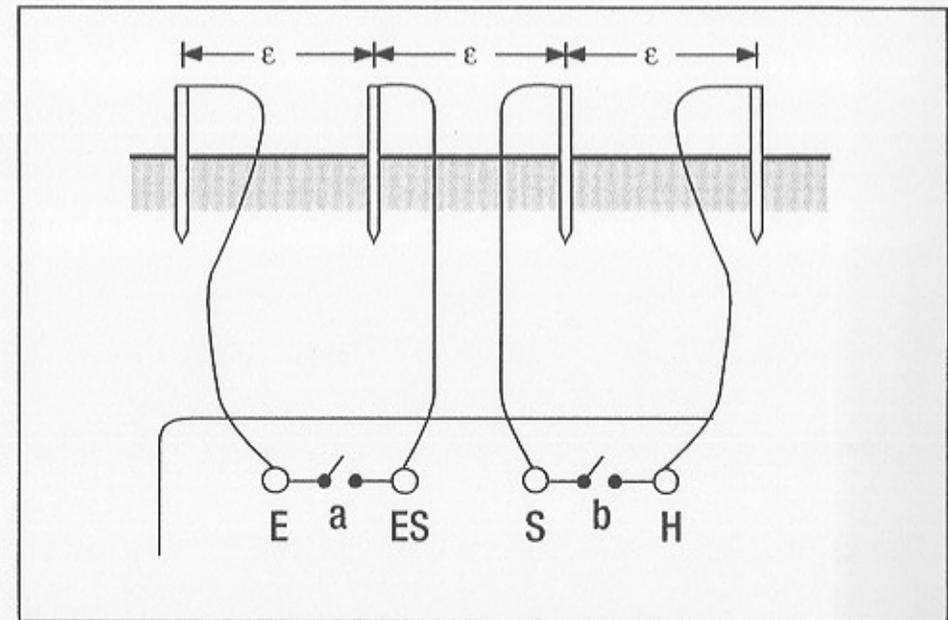


Bild 11 Messung des spezifischen Erdwiderstandes

### 5.5.1 Geologische Auswertung

Von Extremfällen abgesehen, erfaßt die Messung den zu untersuchenden Boden bis zu einer Tiefe, die ungefähr gleich dem Sondenabstand  $e$  ist.

Es ist also möglich, durch Variation des Sondenabstandes Aufschluß über die Schichtung des Untergrundes zu erhalten. Gut leitende Schichten (Grundwasserspiegel), in welche Erder verlegt werden sollen, lassen sich so aus einer schlecht leitenden Umgebung herausfinden.

Spezifische Erdwiderstände sind großen Schwankungen unterworfen, die verschiedene Ursachen haben können, wie Porosität, Durchfeuchtung, Lösungskonzentration von Salzen im Grundwasser und klimatische

Schwankungen. Der Verlauf des spezifischen Erdwiderstandes  $\rho_E$  in Abhängigkeit von der Jahreszeit (der Bodentemperatur sowie dem negativen Temperaturkoeffizienten des Bodens) kann mit der recht guten Annäherung durch eine Sinuskurve dargestellt werden.

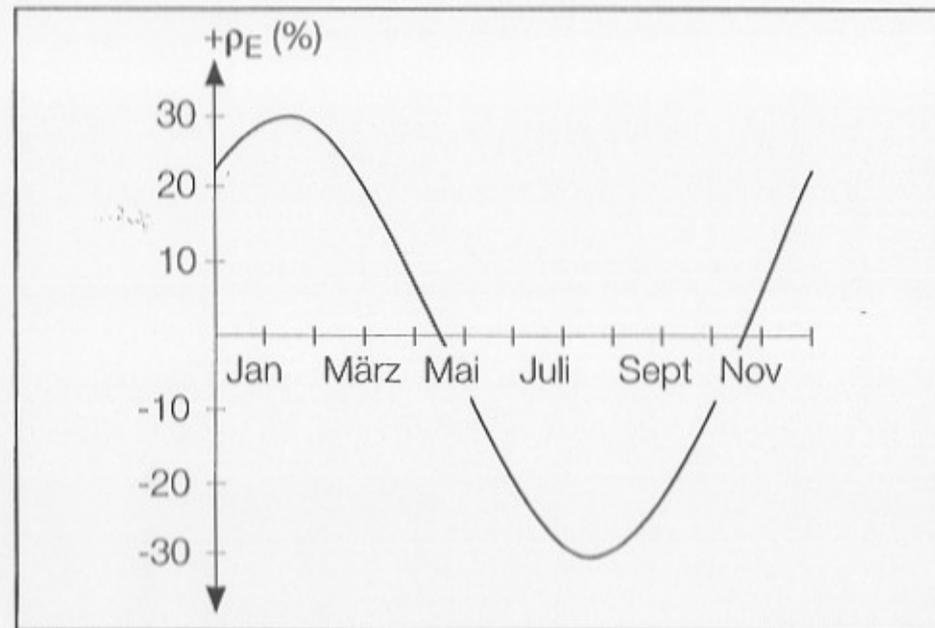


Bild 12 Spezifische Erdwiderstände  $\rho_E$  in Abhängigkeit von der Jahreszeit ohne Beeinflussung durch Niederschläge (Eingrabetiefe des Erders  $< 1,5$  m)

In der folgenden Tabelle sind einige typische spezifische Erdwiderstände für verschiedene Böden zusammengestellt.

Art des Erdreichs	spezifischer Erdwiderstand $\rho_E$ $\Omega m$
nasser Moorboden	8 ... 60
Ackerboden, Lehm- und Tonboden, feuchter Kies	20 ... 300
feuchter Sandboden	200 ... 600
trockener Sandboden, trockener Kies	200 ... 2000
steiniger Boden	300 ... 8000
Felsen	$10^4$ ... $10^{10}$

Tabelle 1 Spezifischer Erdwiderstand  $\rho_E$  bei verschiedenen Bodenarten

## 5.5.2 Vorausberechnen von Ausbreitungswiderständen

Für die geläufigen Erderformen sind in Tabelle 2 die Formeln für die Berechnung der Ausbreitungswiderstände angegeben. Für die Praxis genügen diese Faustformeln durchaus.

Nummer	Erder	Faustformel	Hilfsgröße
1	Banderder (Strahlenerder)	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{l}$	-
2	Staberder (Tiefenerder)	$R_A = \frac{\rho_E}{l}$	-
3	Ringerder	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{3D}$	$D = 1,13 \cdot \sqrt[2]{F}$
4	Maschenerder	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{2D}$	$D = 1,13 \cdot \sqrt[2]{F}$
5	Plattenerder	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{4,5 \cdot a}$	-
6	Halbkugelerder	$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot D}$	$D = 1,57 \cdot \sqrt[3]{J}$

$R_A$  = Ausbreitungswiderstand ( $\Omega$ )

$\rho_E$  = Spezifischer Widerstand ( $\Omega\text{m}$ )

$l$  = Länge des Erders (m)

$D$  = Durchmesser eines Ringerders, Durchmesser der Ersatzkreisfläche eines Maschenerders oder Durchmesser eines Halbkugelerders (m)

$F$  = Fläche ( $\text{m}^2$ ) der umschlossenen Fläche eines Ring- oder Maschenerders

$a$  = Kantenlänge (m) einer quadratischen Erderplatte; bei Rechteckplatten ist für  $a$  einzusetzen:  $\sqrt{b \cdot c}$ , wobei  $b$  und  $c$  die beiden Rechteckseiten sind.

$J$  = Inhalt ( $\text{m}^3$ ) eines Einzelfundamentes

Tabelle 2 Formeln zur Berechnung des Ausbreitungswiderstandes  $R_A$  für verschiedene Erder

## 5.6 Messung von ohmschen Widerständen

Mit dem Erdungsmeßgerät GEOHM 2 kann der Widerstand flüssiger und fester Leiter gemessen werden, soweit diese kapazitäts- und induktivitätsfrei sind.

### 5.6.1 Zweileiterverfahren

Der zu messende Widerstand  $R_x$  wird zwischen den Klemmen „ES“ und „S“ angeschlossen. Die beiden Kurzschließer „a“ und „b“ sind zu schließen.

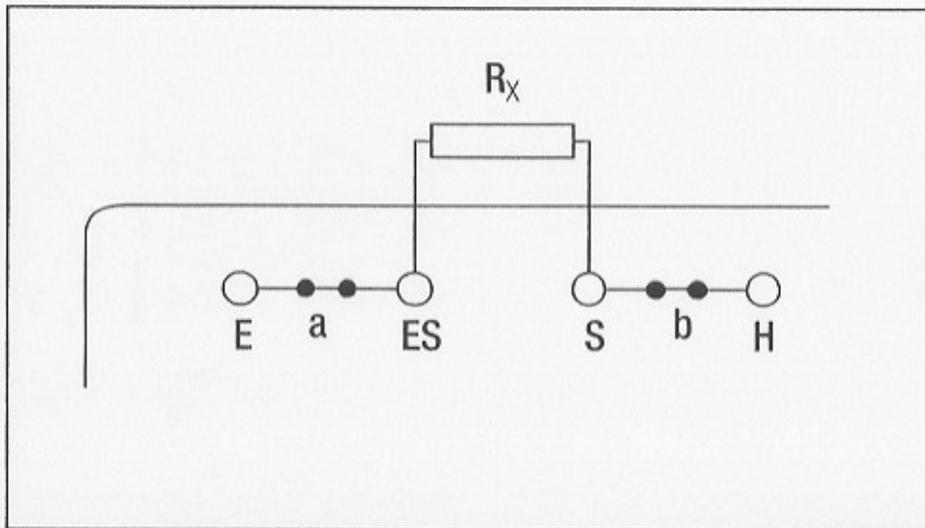


Bild 13 Messung von ohmschen Widerständen nach dem Zweileiterverfahren

Die **Zuleitungswiderstände werden** in dieser Schaltung **mitgemessen**.

Die Durchführung der Messung erfolgt wie unter Kap. 5.3, Seite 11 beschrieben.

### 5.6.2 Vierleiterverfahren

Wählen Sie die Schaltung nach dem Vierleiterverfahren, wenn die **Zuleitungswiderstände nicht ins Meßergebnis eingehen** sollen. Die beiden Kurzschließer „a“ und „b“ sind zu öffnen.

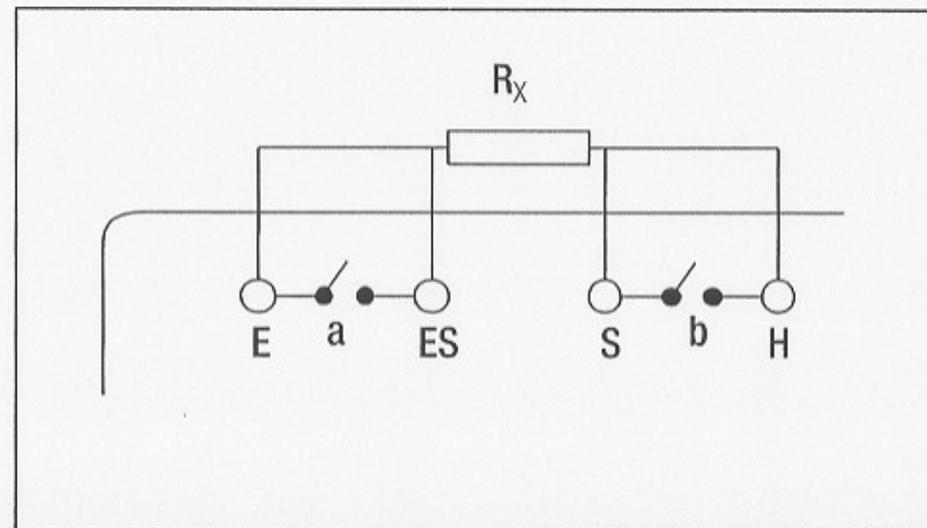


Bild 14 Messung von ohmschen Widerständen nach dem Vierleiterverfahren

Die Durchführung der Messung erfolgt wie unter Kap. 5.3, Seite 11 beschrieben.

## 6 Wartung



### **Achtung!**

Trennen Sie vor einem Batteriewechsel das Gerät vollständig von allen externen Stromkreisen.

Überzeugen Sie sich in regelmäßigen kurzen Abständen, daß die Batterie ihres Gerätes nicht ausgelaufen ist.

Bei ausgelaufener Batterie müssen Sie den Batterie-Elektrolyt vollständig entfernen und eine neue Batterie einsetzen.

Gehen Sie dabei so vor, wie in Kap. 5.1 beschrieben.

Das Gerät arbeitet mit einer handelsüblichen 4,5 V Batterie.

## 7 Reparatur- und Ersatzteilservice

Bitte wenden Sie sich im Bedarfsfall an:

GOSSEN-METRAWATT GMBH  
Service  
Thomas-Mann-Straße 16 - 20  
D-90471 Nürnberg

Telefon (0911) 86 02 - 410 / 411  
Telefax (0911) 86 02 - 2 53

Diese Anschrift gilt nur für Deutschland.

Im Ausland stehen unsere jeweiligen Vertretungen oder Niederlassungen zur Verfügung.

## 8 Schulung

Wir bieten interessante Seminare mit Praktikum zu dem Thema „Messungen zur Prüfung von Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen und Geräten“. Bei diesen Seminaren wird auch die Erdungsmessung ausführlich behandelt.

Wir überlassen Ihnen gerne weitere Informationsunterlagen.

GOSSEN-METRAWATT GMBH

Bereich Schulung

Telefon (09 11) 86 02 – 4 06

Telefax (09 11) 86 02 – 7 24