

Herzlich willkommen.

Grundlagen der Messtechnik – Fokus Erdungsmessungen

Referent

Timo Schappacher

Bereichsleiter Niederspannung DACH

Timo.Schappacher@megger.com

Megger®



Herzlich willkommen.

Grundlagen der Messtechnik – Fokus Erdungsmessungen

1. Normen und Richtlinien
2. Grundlagen der
Erdungsmessung
3. Messverfahren

Megger®



Megger ist ein Pionier auf dem Gebiet von Erdungsmessungen



Ab 1930 entwickelte Dr. George Tagg für Megger die Erdungsmessungen entscheidend weiter.

Warum braucht es Erdung?

- Schutzerdung zum Zweck der elektrischen Sicherheit, Teil der der Schutzmaßnahme nach DIN VDE 0100-410 „automatische Abschaltung der Stromversorgung“
- Funktionserdung für Blitzschutzsysteme (LPS lightning protection system) nach DIN VDE 0185-305, EN 62305-3
- Funktionserdung für Sendeanlagen, Mobilfunkbetreiber
- Betriebserdung dies ist die Erdung eines Punktes im elektrischen Stromkreis einer Anlage (z.B. der Nullpunkt) welcher zur korrekten Funktion der Anlage und/oder Systems erforderlich ist (Quelle: IEC 604-04-12)

Erdung als Schutzerdung

- Im Fehlerfall muss die elektrische Anlage abgeschaltet werden.
Bei der Schutzmaßnahme „automatische Abschaltung der Stromversorgung“
- ist als Fehlerschutz ein Schutzpotentialausgleich über die Haupterdungsschiene und eine automatische Abschaltung im Fehlerfall vorgesehen.
- Alle Körper müssen mit dem Schutzleiter verbunden werden, gleichzeitig berührbare Körper müssen mit demselben Erdungssystem verbunden werden.
- Eine Schutzeinrichtung muss im Falle eines Fehlers in der geforderten Abschaltzeit automatisch unterbrechen.

Erdung als Schutzerdung, TN-System

- In einem TN-System wird die Erdung vom VNB bereitgestellt.
- Im TN-System wird für die Schutzmaßnahme kein Erder benötigt. Nach VDE 0100-100 gibt es auch keinen „Anlagenerder“ im TN-System. Der Begriff „Erdungssystem“ aus VDE 0100-410, Abschnitt 411.3.1.1 bedeutet, dass alle Körper mit dem Schutzleitersystem verbunden werden müssen.
- Falls jedoch ein Erder vorhanden ist muss dieser mit der Anlage verbunden werden. Auszug aus DIN VDE 0100-540, Abs. 542.1.2 „Wenn in der elektrischen Anlage ein Erder vorhanden ist, muss dieser durch einen Erdungsleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden werden.“
- Auszug aus DIN VDE 0100-410, Abs. 411.4.1 „In TN-Systemen hängt die Erdung der elektrischen Anlage von der zuverlässigen und wirksamen Verbindung des PEN-Leiters oder Schutzleiters mit Erde ab. Wo die Erdung durch ein öffentliches oder anderes Versorgungssystem vorgesehen wird, sind die notwendigen Bedingungen außerhalb der elektrischen Anlage in der Verantwortlichkeit des Verteilungsnetzbetreibers.“

Erdung als Schutzerdung, Fundamenterder

- Erwähnt wird ein Fundamenterder in DIN 18015-1, Abs. 8 und in den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Verteilungsnetzbetreiber (VNB)
- Die TAB besagt im Abschnitt 12:
 - (2) „In Neubauten wird ein Fundamenterder nach DIN 18014 eingebaut“
 - (3) Der PEN-Leiter bzw. Neutralleiter darf nicht als Erdungsleiter für Schutz- und Funktionszwecke von Erzeugungsanlagen, Antennenanlagen und Blitzschutzanlagen verwendet werden.
- Die DIN 18015-1 ist keine verbindliche Vorschrift im Sinne von §49 des Energiewirtschaftsgesetzes. DIN-Normen sind keine Schutznormen, sondern „Designer-Normen“.
- Fundamenterder nach 0100-540, Abs. 542.1.1 „Allgemeine Anforderungen“
Erdungsanlagen dürfen für Schutz- und für Funktionszwecke, entsprechend den Anforderungen der elektrischen Anlage, gemeinsam oder getrennt verwendet werden. Die Anforderungen für Schutzzwecke müssen immer Vorrang haben. In Deutschland muss in allen neuen Gebäuden ein Fundamenterder nach der nationalen Norm DIN 18014 errichtet werden.

Hochspannungsanlagen

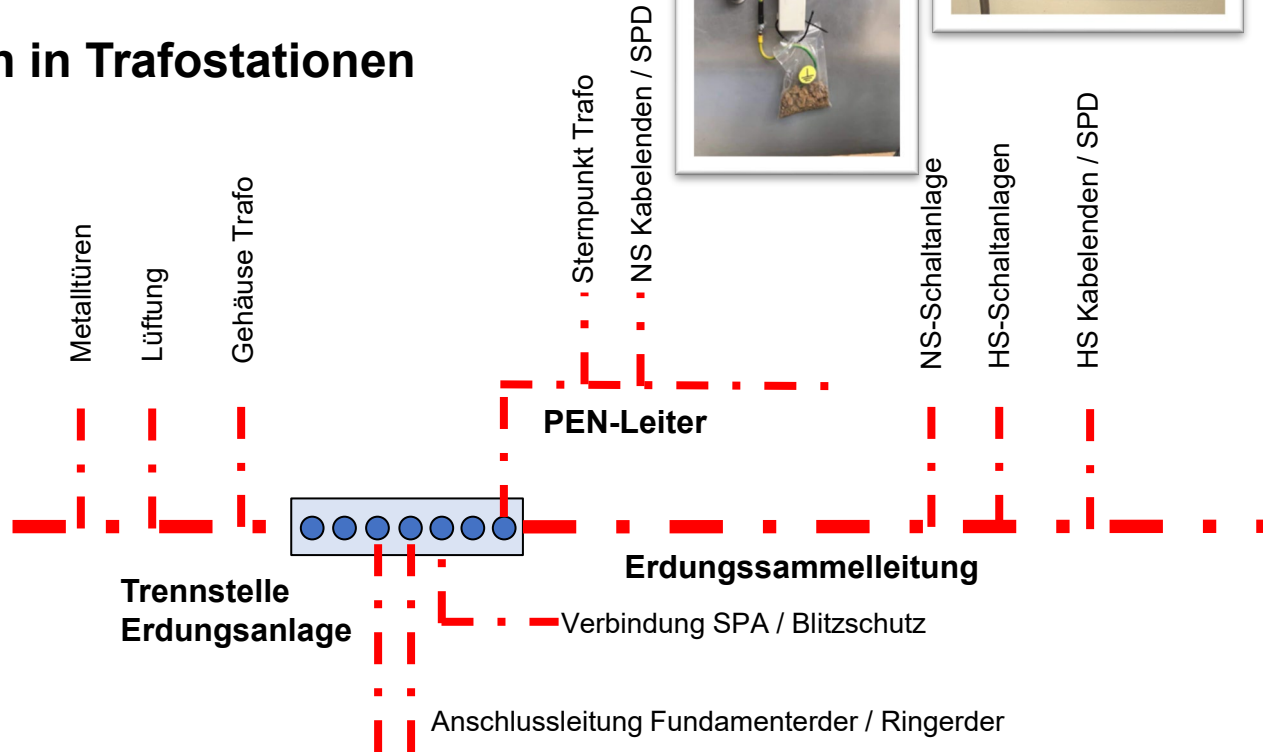
Beispiel: für gelöschte Netze

$$\text{max. Erdungsimpedanz} = \frac{\text{max. Berührungsspannung}}{\text{Erdschlussstrom (WWZ)}} = \frac{50 \text{ V}}{25 \text{ A}} = 2 \Omega$$

EVU	Netz	Sternpunkt	Erdschlussstrom
WWZ	16 kV	gelöscht	< 25 A

Bei gelöschten Netzen gemäss Abschaltkurve

Erdungen in Trafostationen





Schutzerdung, Abschaltbedingungen nach DIN VDE 0100-410 (Abs. 411.4.4)

Die Impedanz der Fehlerschleife und der Erdungswiderstand als Teil davon und muss entsprechend niedrig sein um die Abschaltung der Schutzeinrichtung innerhalb der in DIN VDE 0100-410 geforderten Zeiten zu gewährleisten, Berechnung:

Z_s = max. Fehlerschleifenimpedanz

U_o = Nennwechselspannung der Anlage

I_a = Abschaltstrom der Schutzeinrichtung

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

Beispiel für 230V und Automat B16A: $Z_s \leq 2,875 \Omega$

Anmerkung: „5“ ist der Faktor für den Abschaltstrom bei 0,2 s bei Automaten B16A

$$Z_s \leq \frac{230 V}{16 A * 5}$$

Schutzerdung, Abschaltbedingungen nach DIN VDE 0100-410 (Abs. 411.5.3)

Da in einem TT-System üblicherweise die niedrigen Werte für Erdungswiderstände nicht erreicht werden, sind Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) zu verwenden, hier gilt:

R_A = Summe der Widerstände des Erders und des Schutzleiters

50 V = maximale Fehlerspannung (Berührungsspannung)

$I_{\Delta N}$ = Bemessungsdifferenzstrom des Fehlerstrom-Schutzschalters (RCD)

$$R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{I_{\Delta N}}$$

Beispiel für RCD 30 mA: $R_A \leq 1,67 \text{ k}\Omega$

$$R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{0,03 \text{ A}}$$

Erdung als Funktionserdung, Blitzschutz

Die Blitzschutzterdung hat die Aufgabe, den von der Fangvorrichtung fließenden Blitzstrom in die Erde abzuleiten.

Blitzströme haben spezielle Eigenschaften:

- sehr hohe Stromamplituden (typ. >20 kA)
- kurze Stromanstiegszeiten (typ. 10...50 μ s)

Dadurch ergeben sich Überspannungen und Durchschläge in der elektrischen Installation.

Erdung als Funktionserdung, DIN 18014:2014-03

Fundamenterder, Planung, Ausführung und Dokumentation

Dokumentation (Abs. 7.1):

- Dokumentation und Durchgangsmessung durch Elektrofachkraft oder Blitzschutzfachkraft
- Inhalt der Dokumentation

Ausführungspläne des Erders und des Potentialausgleichsleiters

Fotografien der Gesamt-Erdungsanlage

Detailaufnahmen von Verbindungsstellen und Anschlussteilen

Messwerte der Durchgangsmessung

[Bildquelle: Initiativkreis ELEKTRO+, HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V., Berlin]

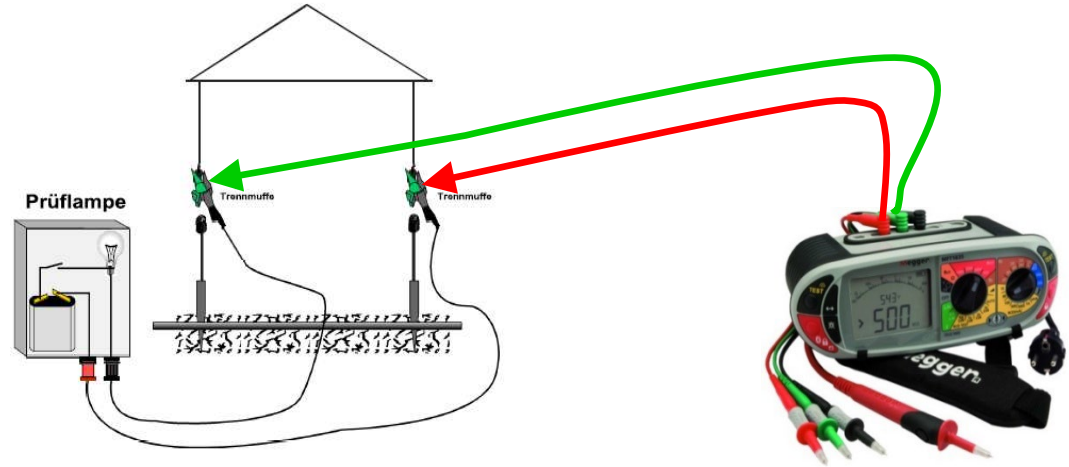


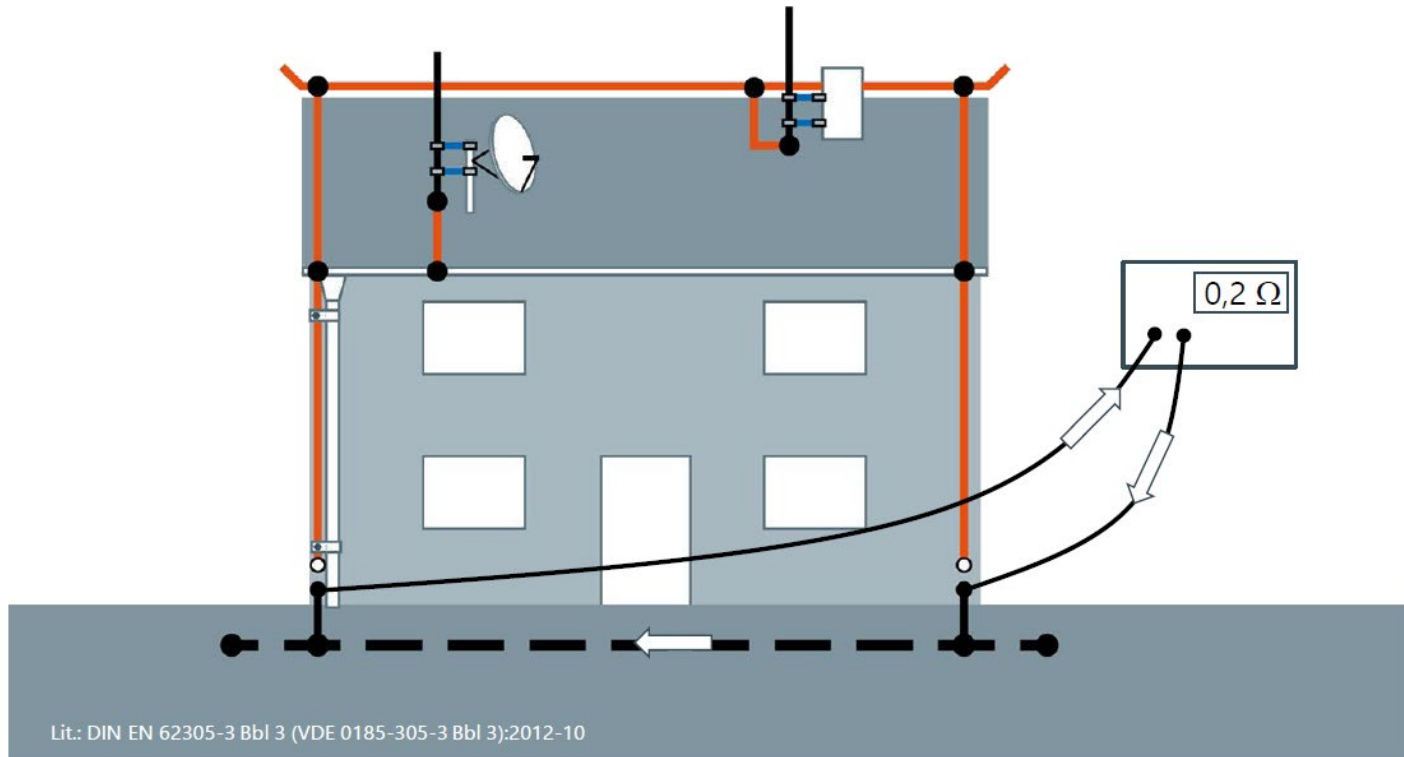
Erdung als Funktionserdung, DIN 18014:2014-03

Fundamenterder, Planung, Ausführung und Dokumentation

Grenzwert (Abs. 7.3)

- Durchgangsmessung zwischen Haupterdungsschiene und allen Anschlussteilen muss $\leq 0,2 \Omega$ ergeben
- Messgeräte nach DIN EN 61557-4 (VDE 0413-4) sind zu verwenden.
- Die Durchgangsmessung hat vor dem Einbringen des Betons zu erfolgen.





Erdung als Funktionserdung, Grenzwerte:

In früheren Normen der VDE 0185-305 / EN 62305-3 war ein Wert von 10 Ohm angegeben, ab 2006 nicht mehr

Im Beiblatt 3 zu DIN VDE 0185-305-3:2012-10 (EN 62305-3) wird

- unter 5.3.2 „Zustand der Erdungsanlage“ ist für den Gesamterdungswiderstand der Erdungsanlage ein Richtwert von $<10\ \Omega$ erwähnt
- unter 5.3.1 die Messung des niederohmigen Durchgangs der Verbindungen und Anschlüssen gefordert (Richtwert $<1\ \Omega$)

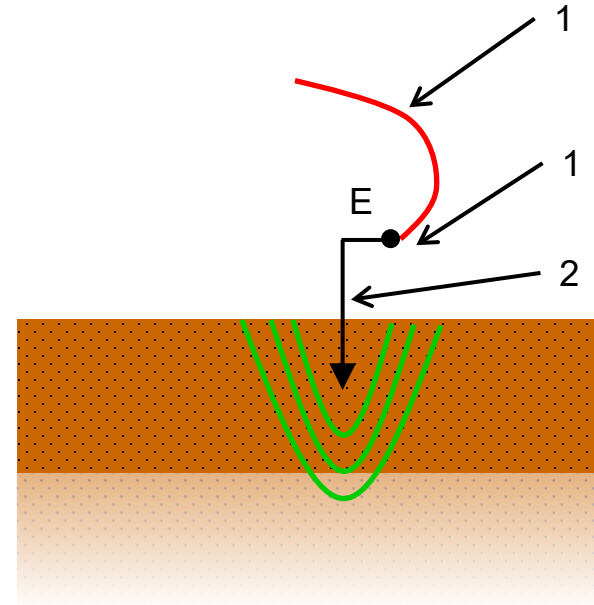
Praxiswerte, Empfehlungen

- für Blitzschutz $<10\ \Omega$
- für Sendeanlagen, Mobilfunkbetreiber $< 2 \dots 5\ \Omega$

2. Grundlagen

Was ist Erdungswiderstand?

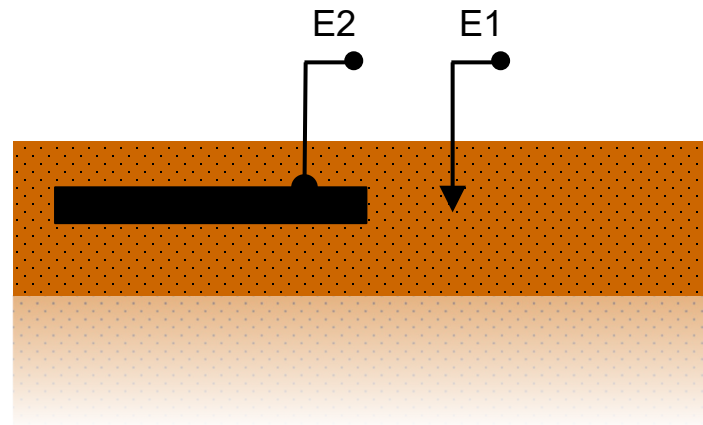
- In der Praxis spielen die Widerstandsanteile der Anschlussleitung, der Verbindungselemente (Klemmen) sowie der Widerstand der metallischen Erderelektrode keine große Rolle.
- Bei sehr niederohmigen Erdwiderständen ($< 1 \text{ Ohm}$) sind diese jedoch zu berücksichtigen.



2. Grundlagen

Was ist Erdungswiderstand?

- Der Übergangswiderstand des Erders zur umgebenden Erde hängt weniger vom Querschnitt als von der Oberfläche der Erderelektrode ab.
- Um einen kleineren Erdungswiderstand zu erreichen muss eine bessere Verbindung der Erderelektrode zur umgebenden Erde erreicht werden, d.h. die Kontakt-Oberfläche muss vergrößert werden.



Dies kann erreicht werden durch:

- geometrische Anordnung (Staberder, Banderder, Ringerder)
- mehrere parallele Erder

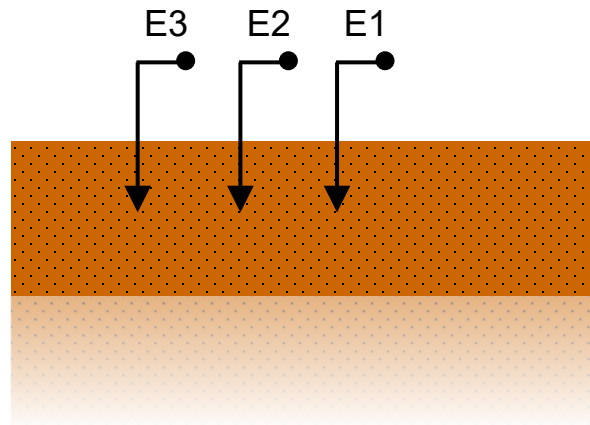
2. Grundlagen

Was ist Erdungswiderstand?

- Der Übergangswiderstand des Erders zur umgebenden Erde hängt weniger vom Querschnitt als von der Oberfläche der Erderelektrode ab.
- Um einen kleineren Erdungswiderstand zu erreichen muss eine bessere Verbindung der Erderelektrode zur umgebenden Erde erreicht werden, d.h. die Kontakt-Oberfläche muss vergrößert werden.

Dies kann erreicht werden durch:

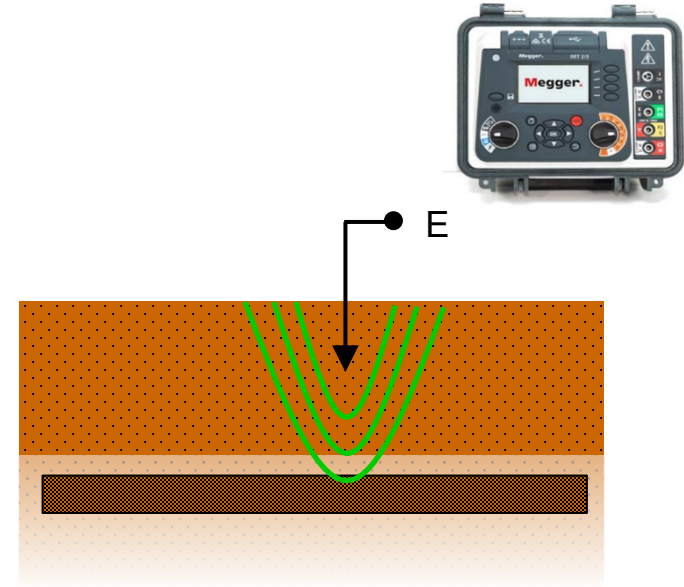
- geometrische Anordnung (Staberder, Banderder, Ringerder)
- mehrere parallele Erder



2. Grundlagen

Was ist Erdungswiderstand?

- Der Hauptanteil des Erdungswiderstand wird durch den spezifischen Erdwiderstand des Bodens in der Nähe der Erderelektrode verursacht.
- Dieser „spezifische Erdwiderstand“ kann mittels Messung nach der Wenner- oder Schlumberger-Methode ermittelt werden.
- Die Erde selbst wird ab einer gewissen Tiefe als gut leitend betrachtet. Das Problem ist den Erder/ Erderelektrode gut an diese Erde anzukoppeln, deshalb spricht man auch von Erdankoppelwiderstand.



2. Grundlagen

Spezifischer Erdwiderstand

Die Höhe des spezifischen Erdwiderstandes ist von mehreren Faktoren abhängig. Neben der Bodenart haben auch die Dichte des Bodens und Unterschiede im Feuchtegehalt Einfluss auf den spezifischen Erdwiderstand.

Richtwerte für den spezifischen Erdwiderstand [ρ in Ωm]

Bodenart	Wertebereich	Mittelwert
sumpfiger Boden	2 ... 50	30
Ziegelton	2 ... 200	40
Schwemmsand, Humus, Lehmsandboden	20 ... 260	100
Sand und Sandboden	50 ... 3000	200 (feucht)
Torf	> 100	200
Kies (feucht)	50 ... 3000	1000 (feucht)
steiniger und felsiger Boden	100 ... 8000	2000
Beton: Zement/Sand (Mischungsverhältnis 1:5)	50 ... 300	150
Beton: Zement/Kies (Mischungsverhältnis 1:5)	100 ... 8000	400
Beton: Zement/Kies (Mischungsverhältnis 1:7)	50 ... 300	500

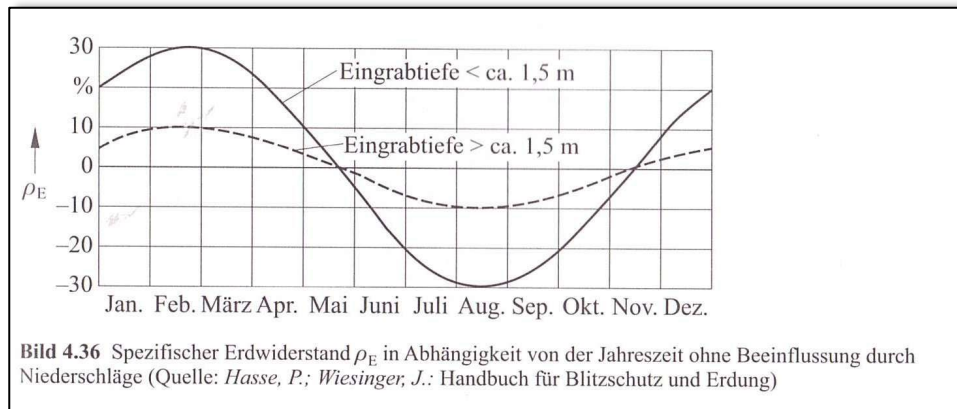
Quelle: Hans-Günter Boy, Uwe Dunkhase: Die Meisterprüfung Elektro-Installationstechnik. 12. Auflage. Vogel Buchverlag, Oldenburg/ Würzburg 2007

Einige Anhaltswerte für den Erdungswiderstand bei unterschiedlichen Bodenarten

Bodenbeschaffenheit		Erdungswiderstand Staberder		Erdungswiderstand Banderder	
	Ωm	3 m tief	5 m tief	5 m lang	10 m lang
Moorboden/Sumpf	10...40	10 Ω	5 Ω	12 Ω	6 Ω
Ackerboden/Lehm	20...100	33 Ω	17 Ω	40 Ω	20 Ω
Feuchter Sandboden	200...900	66 Ω	33 Ω	80 Ω	40 Ω
Trockener Sandboden	1000...3000	330 Ω	165 Ω	400 Ω	200 Ω
Steiniger Boden	2000...3000	1000 Ω	500 Ω	1200 Ω	600 Ω
Beton 1:5				160 Ω	80 Ω

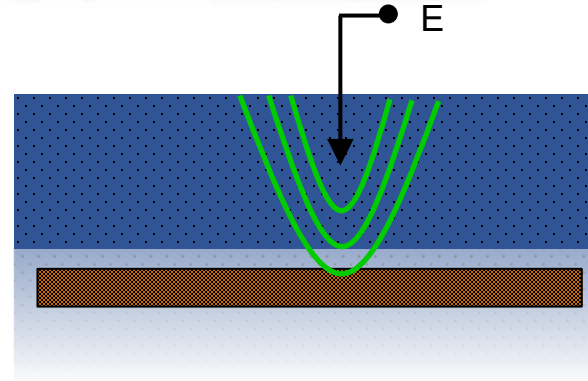
Spezifischer Erdwiderstand

Der Feuchtegehalt des spezifischen Erdwiderstandes unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen, und verlaufen annähernd sinusförmig. Um so tiefer der Erder eingebracht wird umso geringer wirken sich diese Schwankungen aus (Grundwasser, konstante Bodenfeuchtigkeit). Die besten Werte ergeben sich im Feb./März, die schlechtesten im Juli/August.



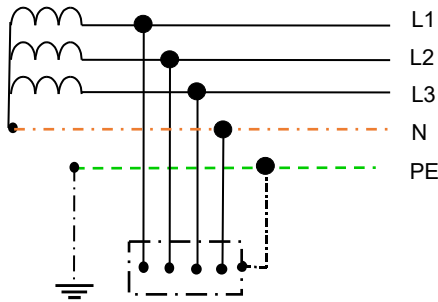
Spezifischer Erdwiderstand

- Auch die Temperatur des Erdbodens wirkt sich auf die Höhe des spezifischen Erdwiderstandes aus, gefrorenes Erdreich wirkt stark isolierend.
- Deshalb müssen Erder im frostsicheren Bereich installiert werden.



Niederspannungs-Systeme

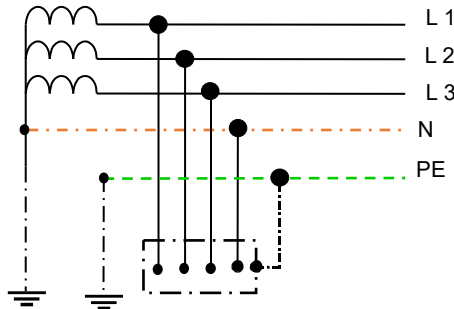
IT



Der **erste** Buchstabe verweist auf die Art der Quelle:

T = Terra (geerdet)
I = Isolated (isoliert)

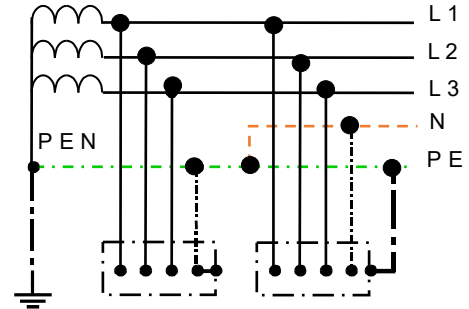
TT



Der **zweite** Buchstabe verweist auf die Art des Systems:

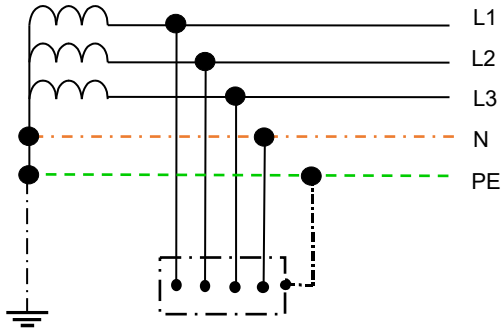
T = Terra (geerdet)
I = Isolated (isoliert)
N = Neutral (N/PEN-Leiter)

TN

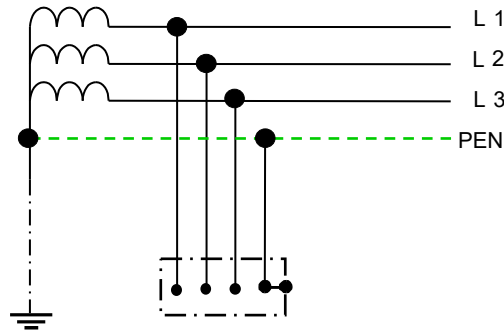


Niederspannungs-Systeme

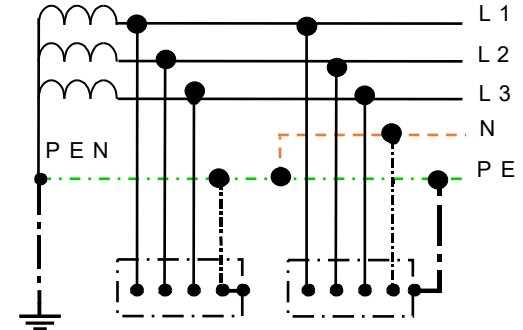
TN-S



TN-C



TN-C-S



Weitere Buchstaben geben die Art des N-Leiters und PE-Leiters an

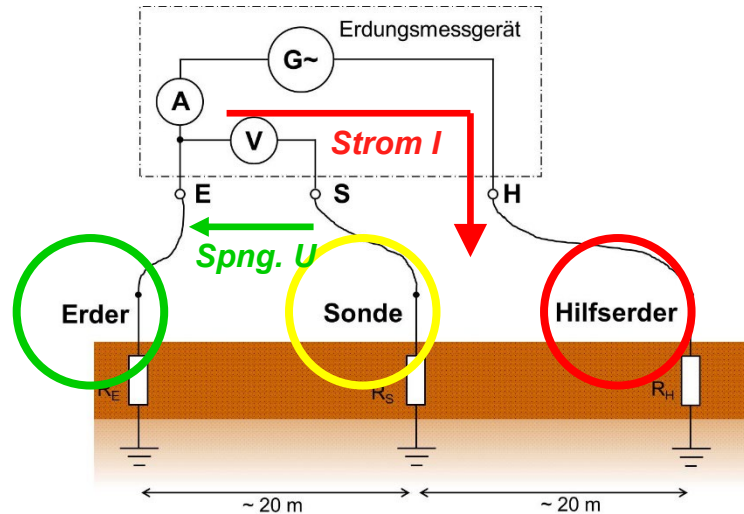
N = Neutral (N-Leiter)

C = Combined (kombiniert)

S = Separated (getrennt)

3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Es werden zwei Hilfselektroden (Hilfserder und Sonde) gesetzt
- Der Messstrom fließt vom Erder (E) über einem Hilfserder (H)
- Die Spannung wird zwischen Erder und Sonde (S) gemessen
- Der Widerstandswert wird aus diesen beiden Werten ermittelt

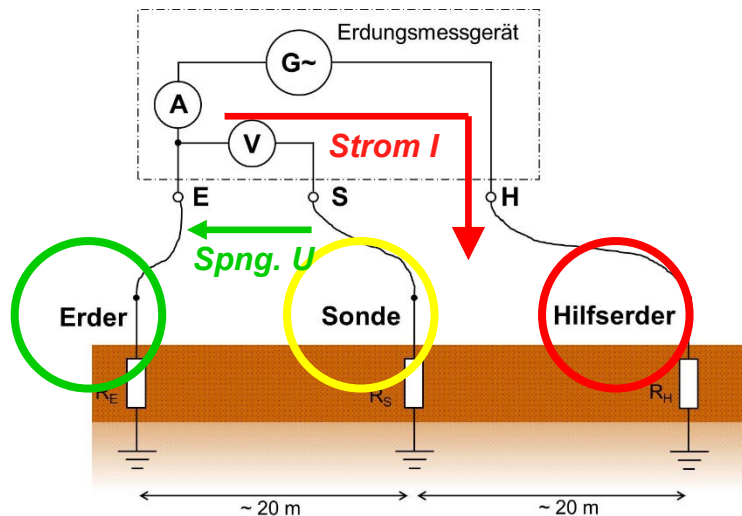


$$R_E = U / I$$

3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

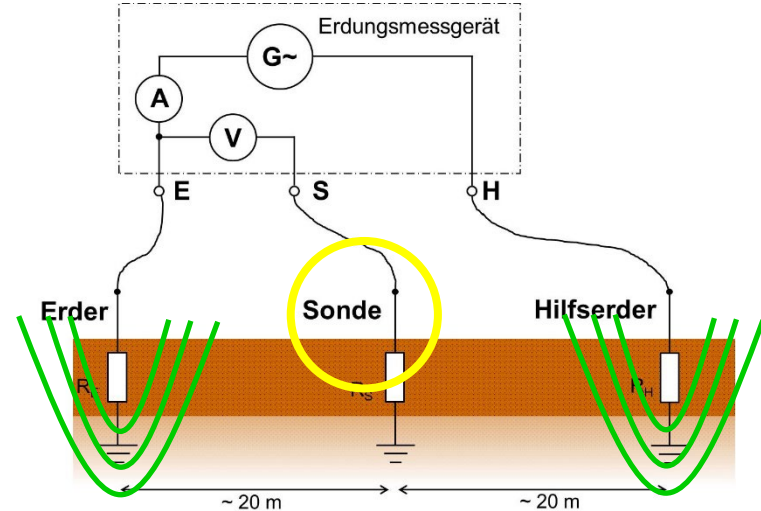
- Messgeräte müssen EN 61557-5, DIN VDE 0413-5 entsprechen
- Der Messstrom muss ein Wechselstrom sein
- Die Frequenz des Messstromes wird so gewählt, dass diese nicht dem Vielfachen der technischen Frequenzen entspricht:

16,67 Hz,
50 Hz,
60 Hz,
400 Hz



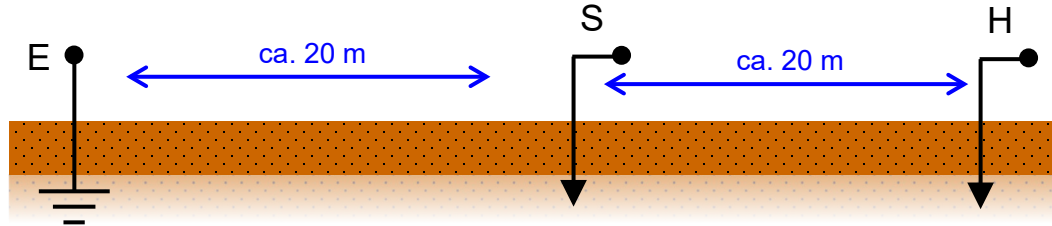
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Durch den Messstrom wird um Erder (E) und Hilferder (H) ein Spannungstrichter erzeugt
- Die Messsonde (S) muss außerhalb dieses Bereiches im Bereich der „neutralen Erde“ gesetzt werden



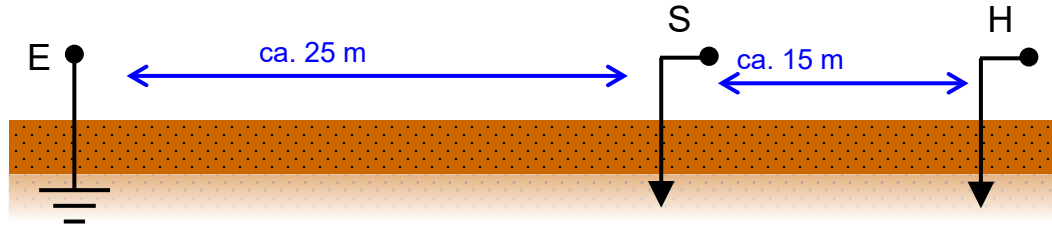
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Die Messanordnung kann in einer Linie erfolgen.
- Typische Werte für den Abstand sind ca. 20 Meter.
- Die Sonde kann dabei auf 50% des Abstandes gesetzt werden.
- Die Einbringtiefe der Sonden spielt kein große Rolle, solange diese wesentlich unter dem Abstand der Sonden und Hilferder liegt.



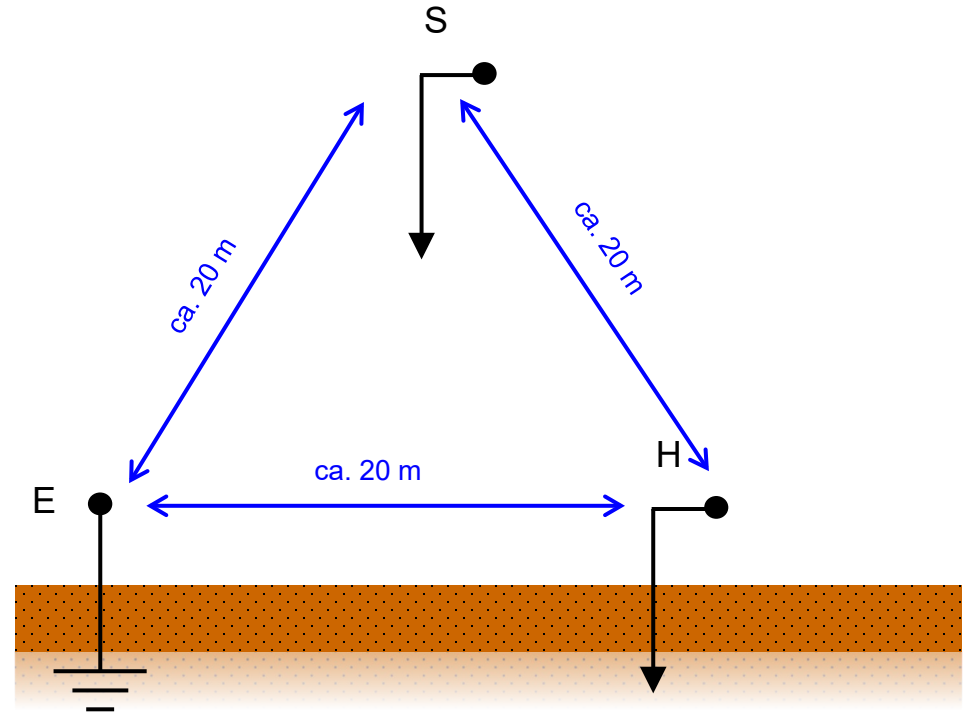
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Die Messanordnung kann in einer Linie erfolgen
- Erfahrung haben ergeben, dass sich die besten Messergebnisse erzielen lassen, wenn die Sonde auf ca. 62% gesetzt wird.



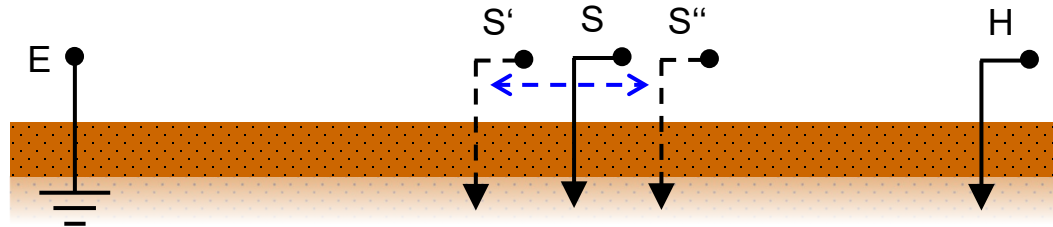
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungs-verfahren

Die Messanordnung kann auch in einem gleichseitigen Dreieck erfolgen



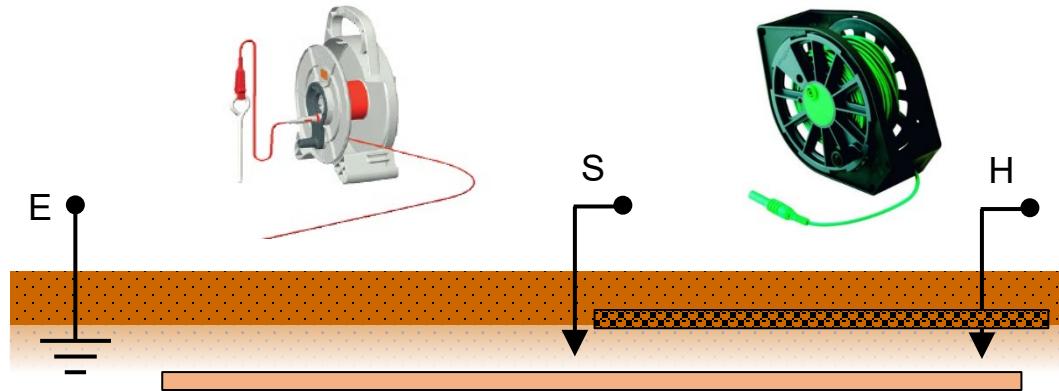
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Wichtig ist dass die Sonde (S) außerhalb des Spannungstrichters liegt.
- Bei der Messung Sonde und Hilfserder tauschen.
- Ebenfalls die Position der Sonde variieren (z.B. um $\pm 10\%$ des Abstandes versetzen)
- Ergeben sich keine großen Abweichungen kann der ermittelte Wert als Ergebnis gelten.



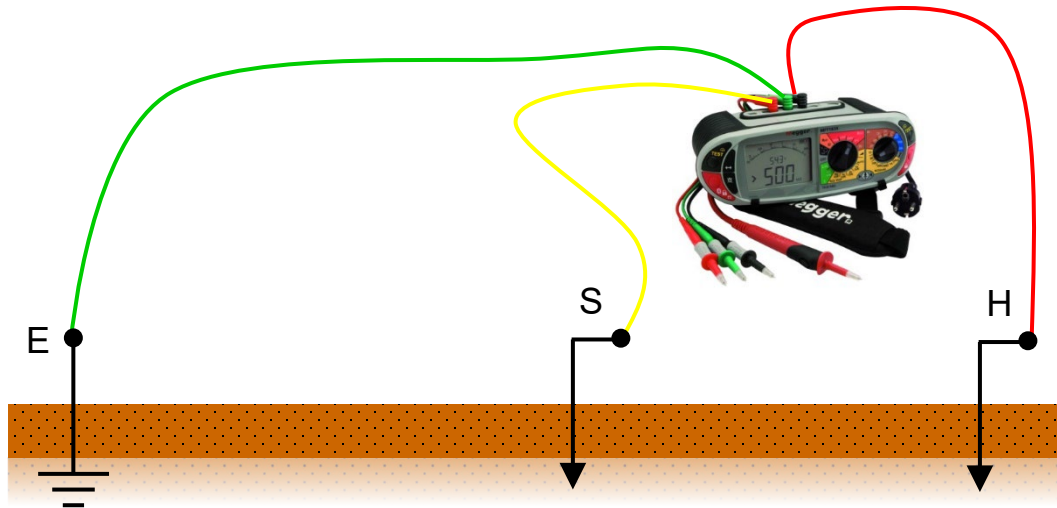
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Die Messleitungen vollständig abspulen, die Induktivität der Leitungen kann das Ergebnis beeinflussen.
- Beim Verlegen der Messleitungen auf externe Störungen achten.
- Im Boden vorhandene Objekte können das Ergebnis ebenfalls beeinflussen (Wasseradern, Wurzeln, Rohre, Leitungen, Metallteile).



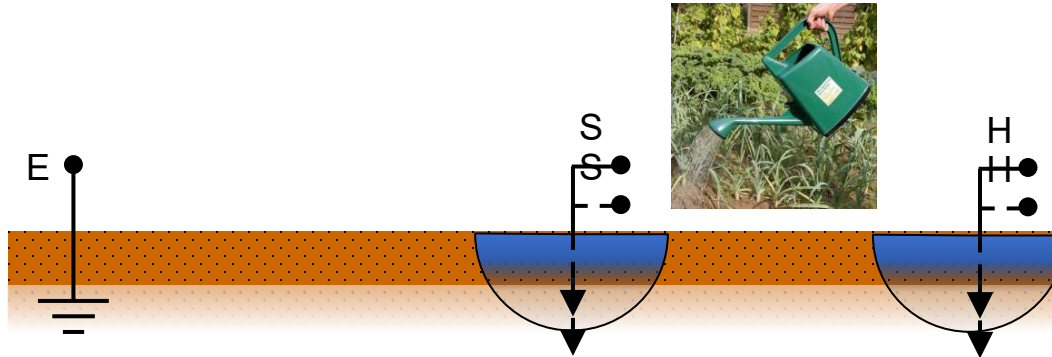
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungsverfahren

- Falls der Widerstand von Hilfserder und Sonde (R_H , R_S) zu hoch ist zeigen die Messgeräte Sonden-Fehler an.
- Für Messgeräte ist nach DIN VDE 0413-5 für R_H und R_S mindestens eine Toleranz bis zu einem Wert von $100 \times R_E$ (bis max. 50 k Ω) gefordert.



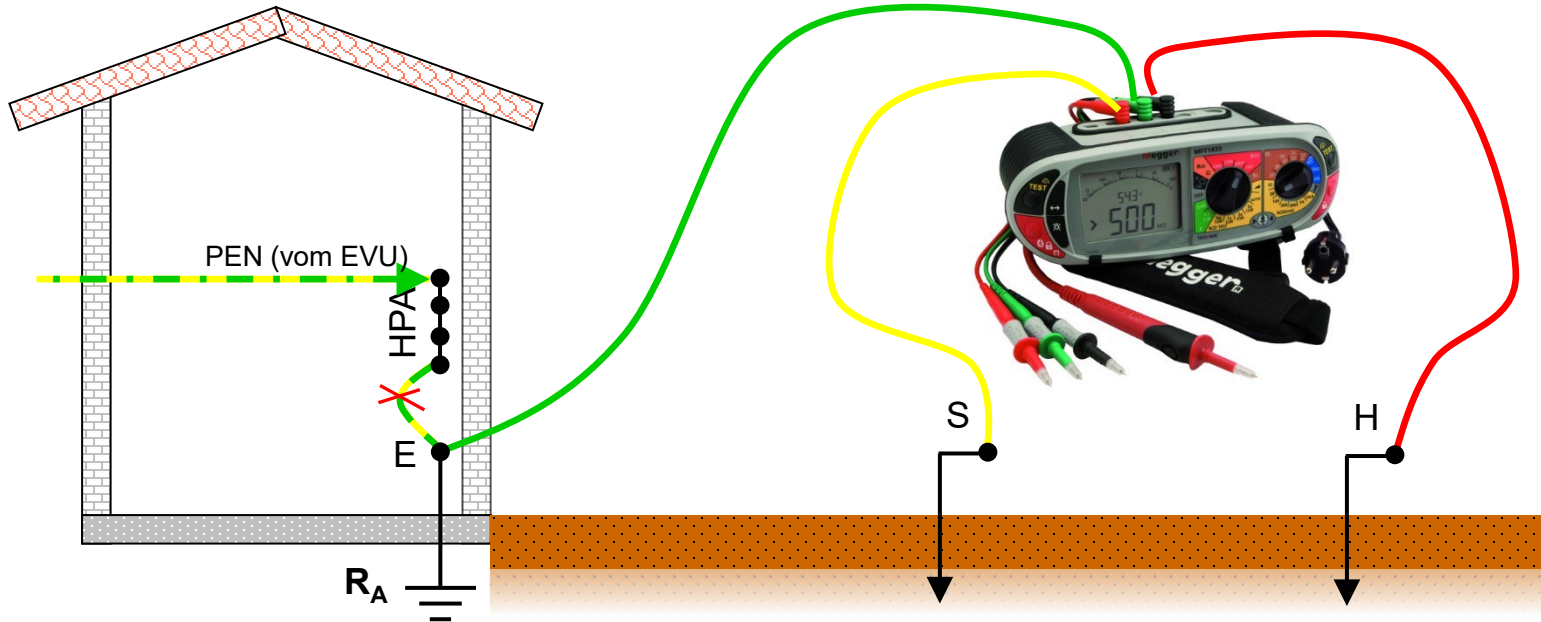
3.1 Erdungsmessung nach dem Strom/Spannungs-verfahren

- Ein zu hoher Widerstand kann auftreten bei schlecht leitenden Böden (z. B. Sand, Kies, Forstmischung, aufgeschüttetes Erdreich).
- Zur Messung kann der Widerstand der Sonden durch folgende Maßnahmen verringert werden: Sonden tiefer einschlagen, Sonden evtl. angießen



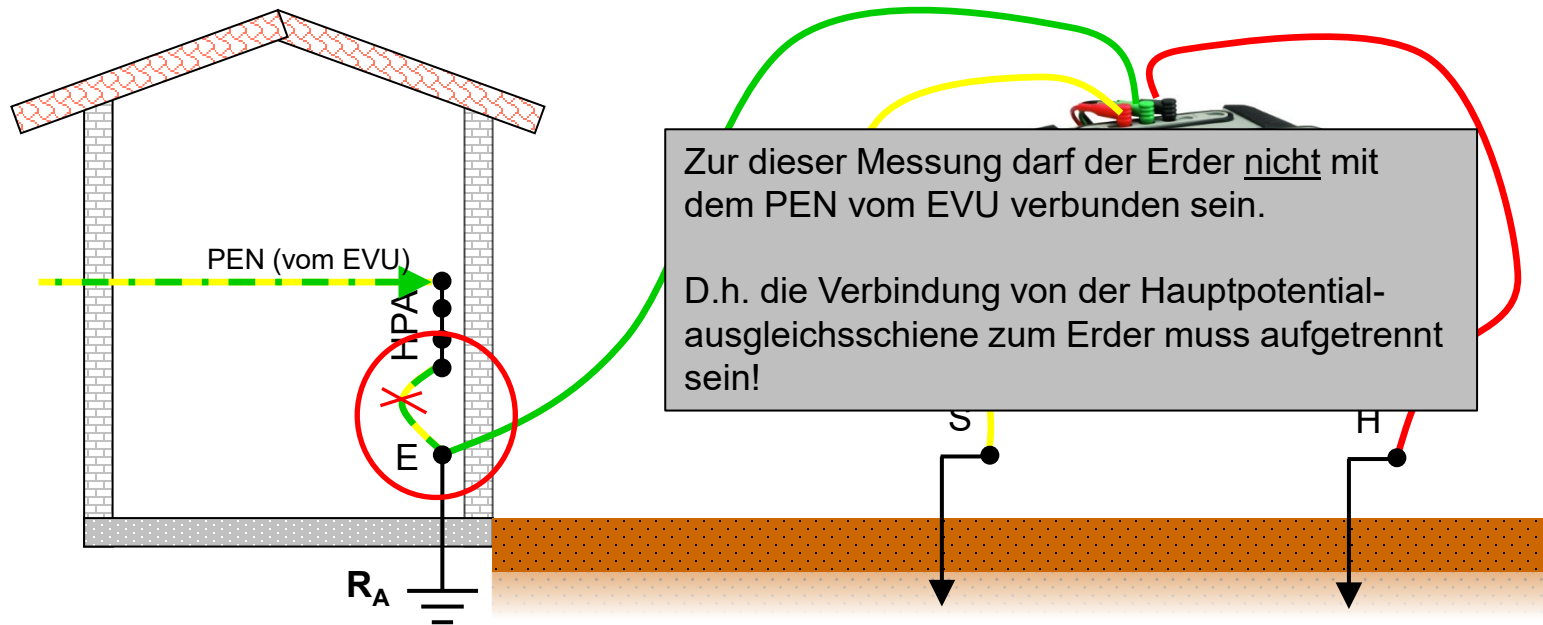
3.2 Erdungsmessung 3-polig, Dreileitermethode

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger MFT1825/1835/1845+



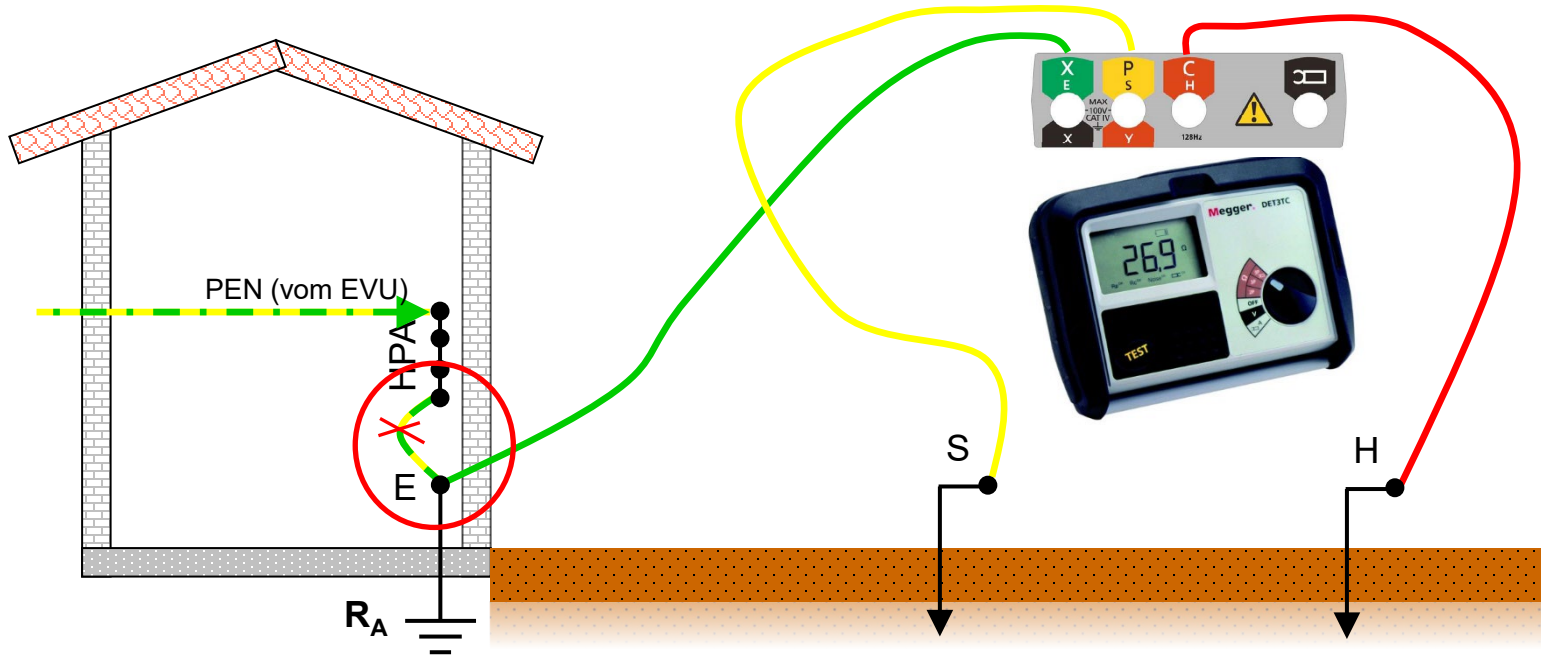
3.2 Erdungsmessung 3-polig, Dreileitermethode

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger MFT1825/1835/1845+



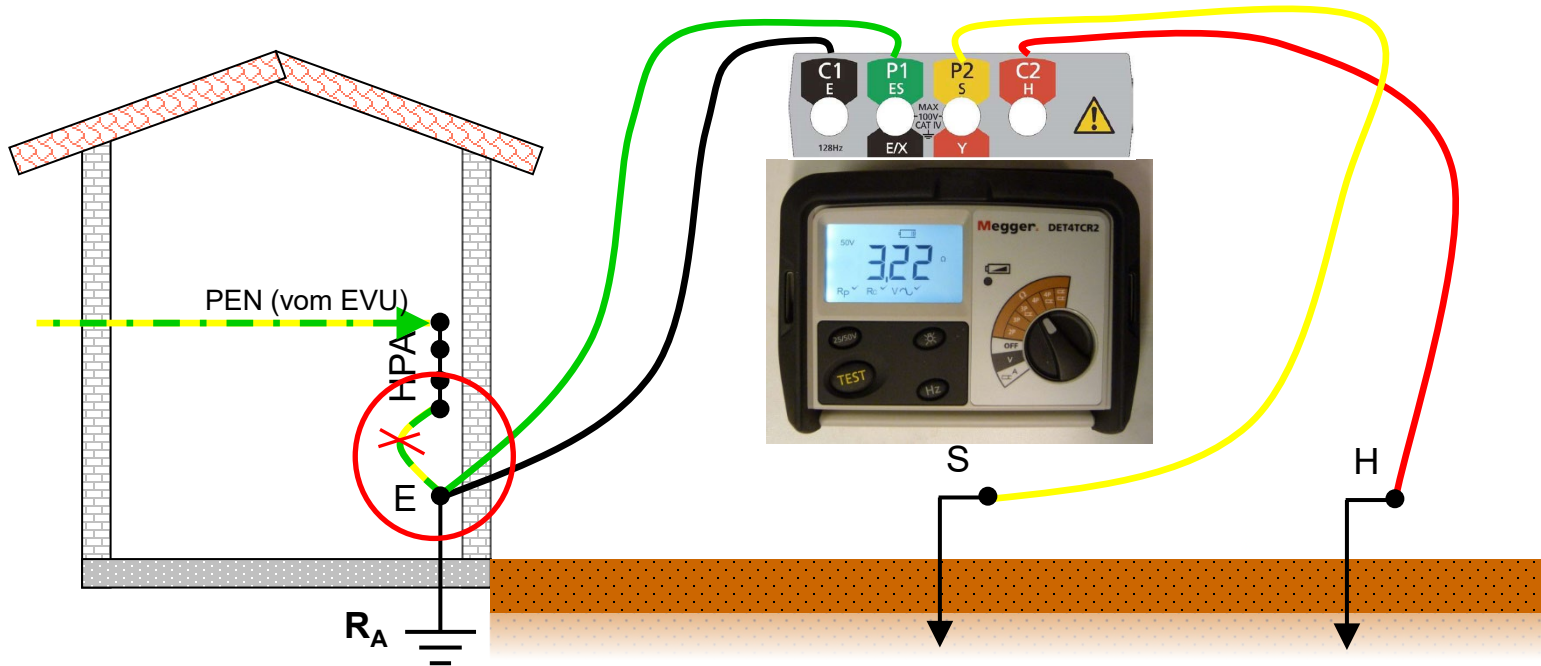
3.2 Erdungsmessung 3-polig, Dreileitermethode

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger DET3



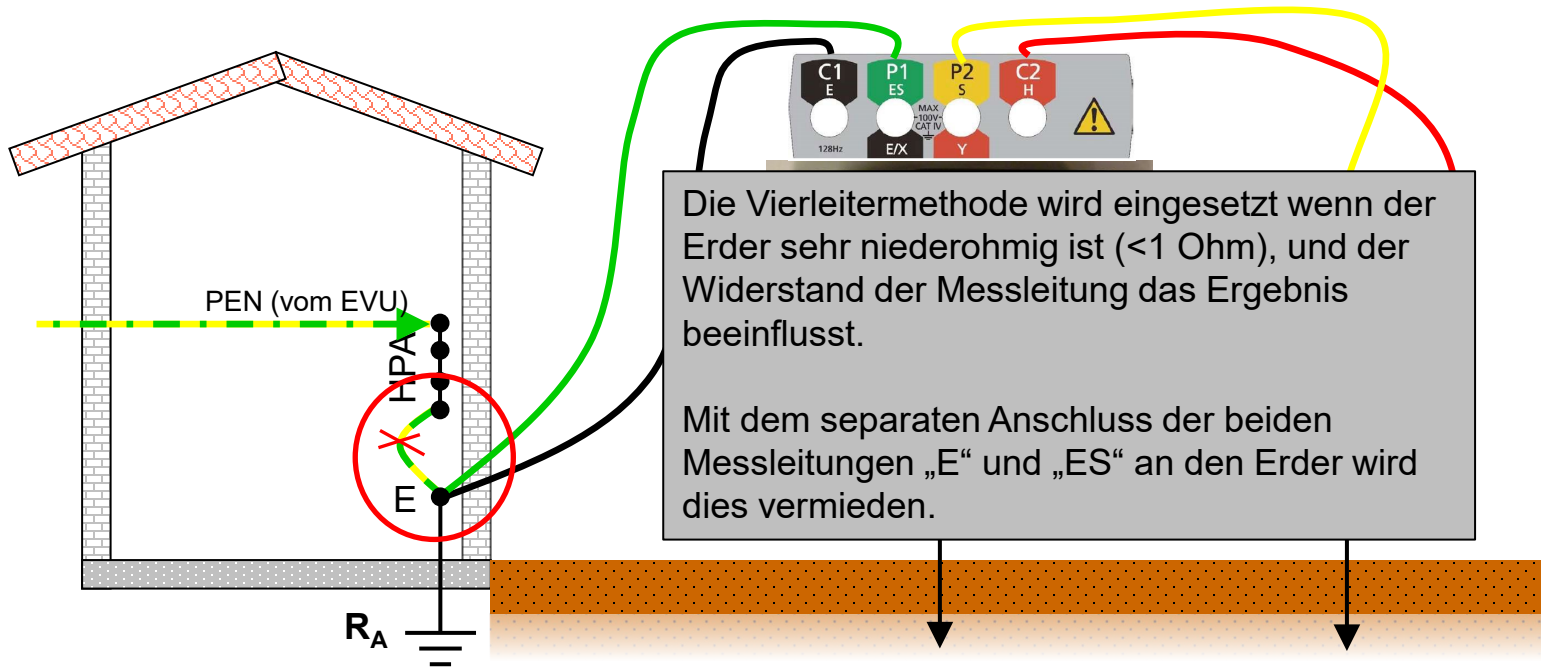
3.3 Erdungsmessung 4-polig, Vierleitermethode

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger DET4



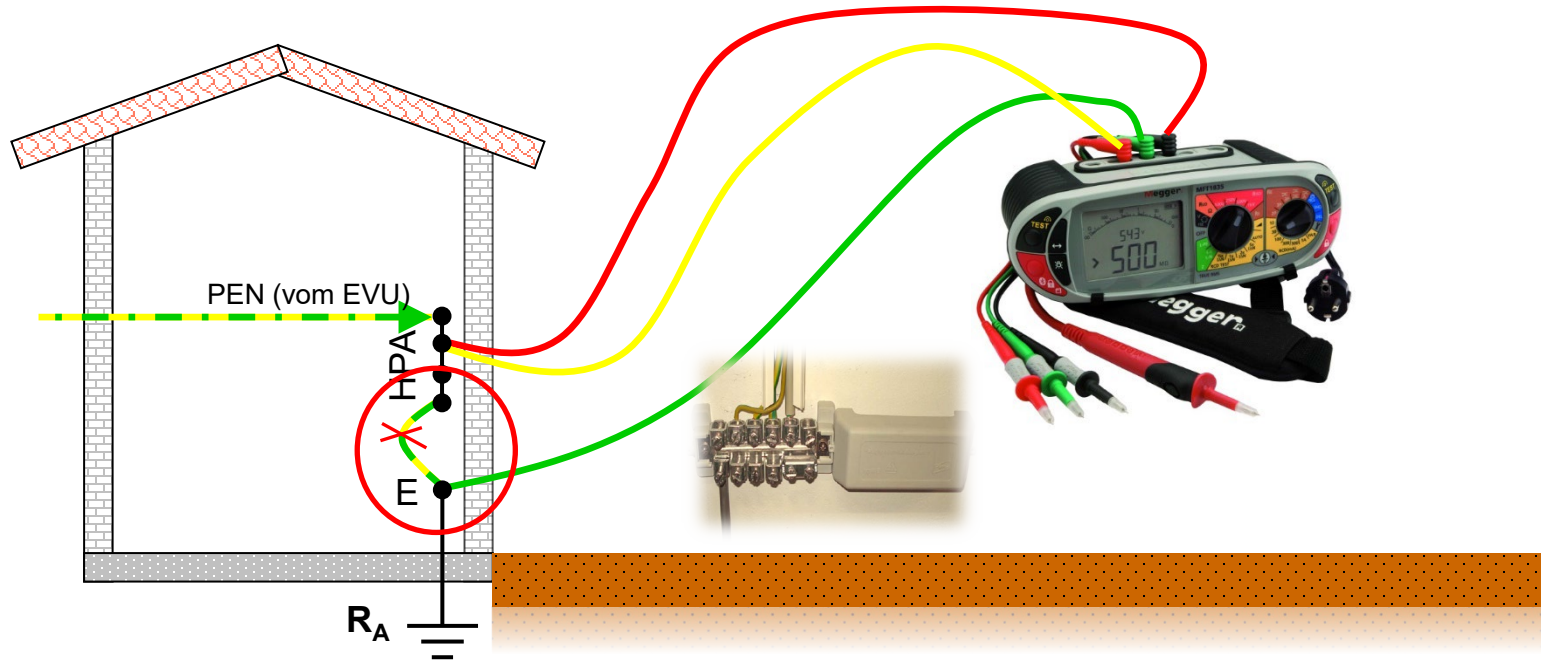
3.3 Erdungsmessung 4-polig, Vierleitermethode

- Messung des Erdungswiderstandes mit Megger DET4



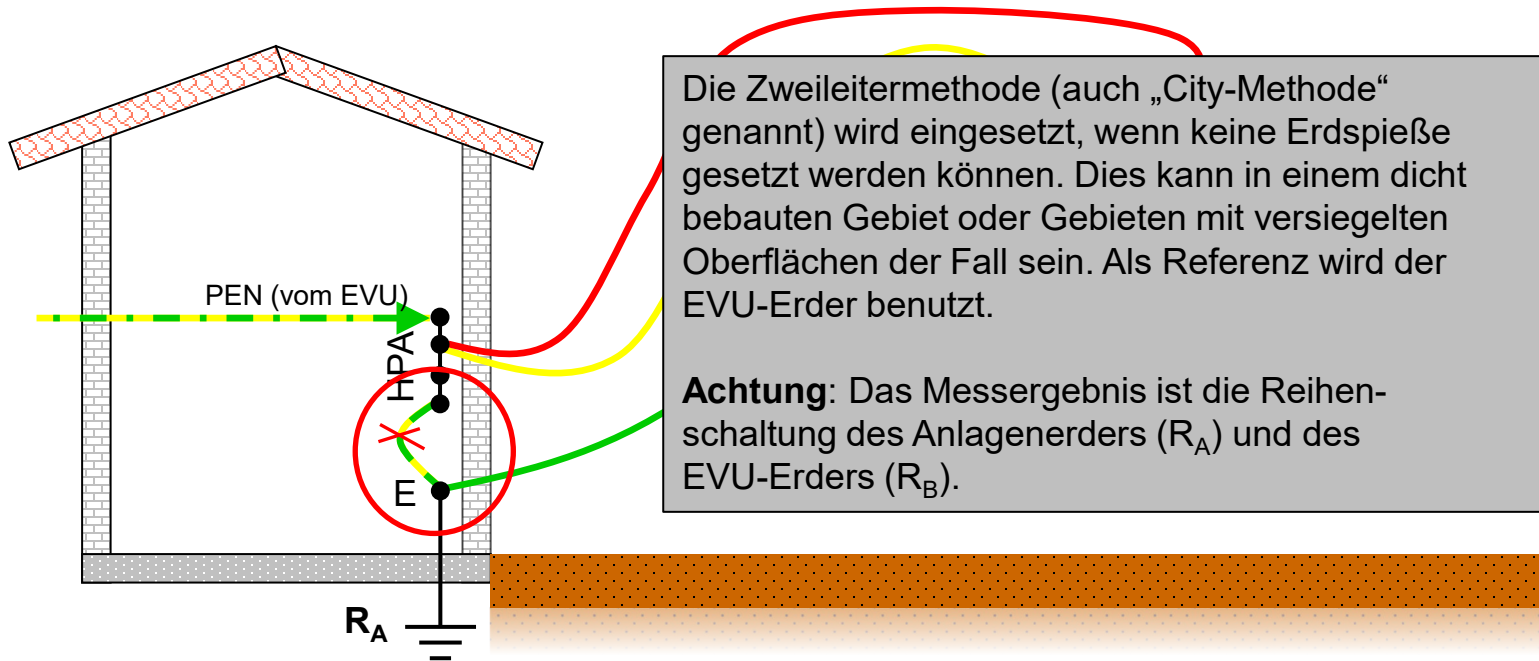
3.4 Erdungsmessung 2-polig, Zweileitermethode (City-Methode)

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger MFT1825/1835/1845+



3.4 Erdungsmessung 2-polig, Zweileitermethode (City-Methode)

- Messung des Erdungswiderstandes mit Megger MFT1825/1835/1845

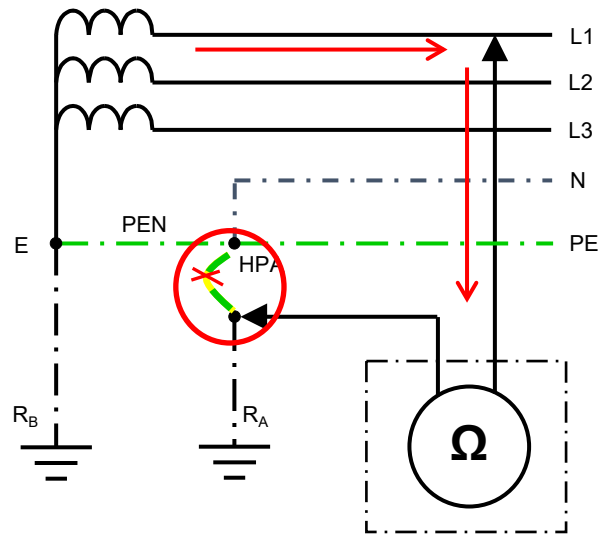


-
- The diagram shows a three-phase system with lines L1, L2, and L3. A PEN line (grounded neutral) is shown, with a fault indicated by a red circle and a red 'X' on the PEN line between the fault point 'E' and the HP (High Potential) point. The fault point 'E' is connected to ground through a resistor R_B . The HP point is connected to ground through a resistor R_A . A motor, represented by a circle with the Greek letter Ω , is connected to the three-phase lines and the PEN line. The motor is shown in a dashed box, indicating it is a separate component.

3.5 Erdungswiderstandsmessung mit Schleifenimpedanzmessung

- die Messung erfolgt vom Außenleiter zum Erder
- dabei muss die Verbindung vom Erder zur HPA aufgetrennt sein

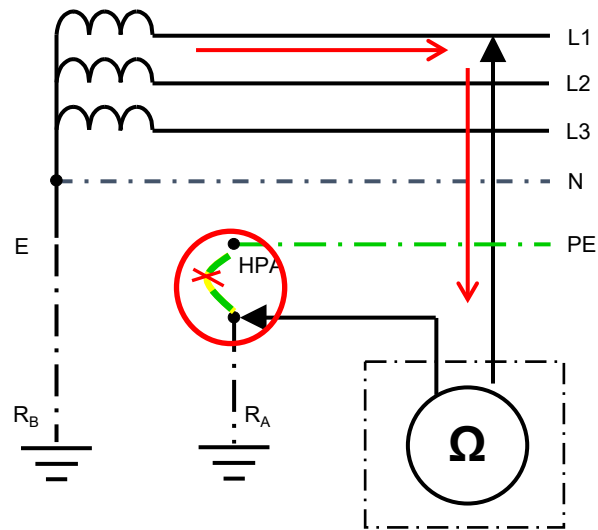
Messung in einem TN-System



3.5 Erdungswiderstandsmessung mit Schleifenimpedanzmessung

- die Messung erfolgt vom Außenleiter zum Erder
- dabei muss die Verbindung vom Erder zur HPA aufgetrennt sein

Messung in einem TT-System



3.5 Erdungswiderstandsmessung mit Schleifenimpedanzmessung

Nachteile dieses Messverfahrens sind:

- schlechte Unterdrückung von Störungen mit Netzfrequenz
- mögliche Gefährdung durch den Prüfstrom bei einem defektem Erder
- Auslösung eines RCD durch den Prüfstrom möglich

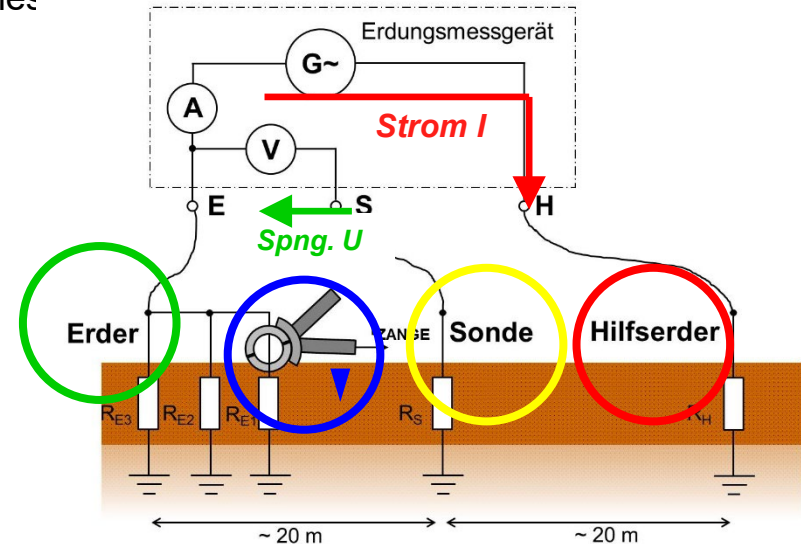
Achtung: Bei einem hochohmigen oder defekten Erder kann während der Messung eine hohe Berührungsspannung auftreten, welche eine Gefährdung für den Prüfer oder für andere Personen verursachen kann!

Hinweis: Das Messergebnis ist die Reihenschaltung des Anlagenerders (R_A) des EVU-Erders (R_B), des Trafoinnenwiderstands und der Leitungsimpedanzen. Der tatsächliche Wert des Erders ist auch hier kleiner als der angezeigte Messwert

3.6 Selektive Erdungsmessung mit Stromzange

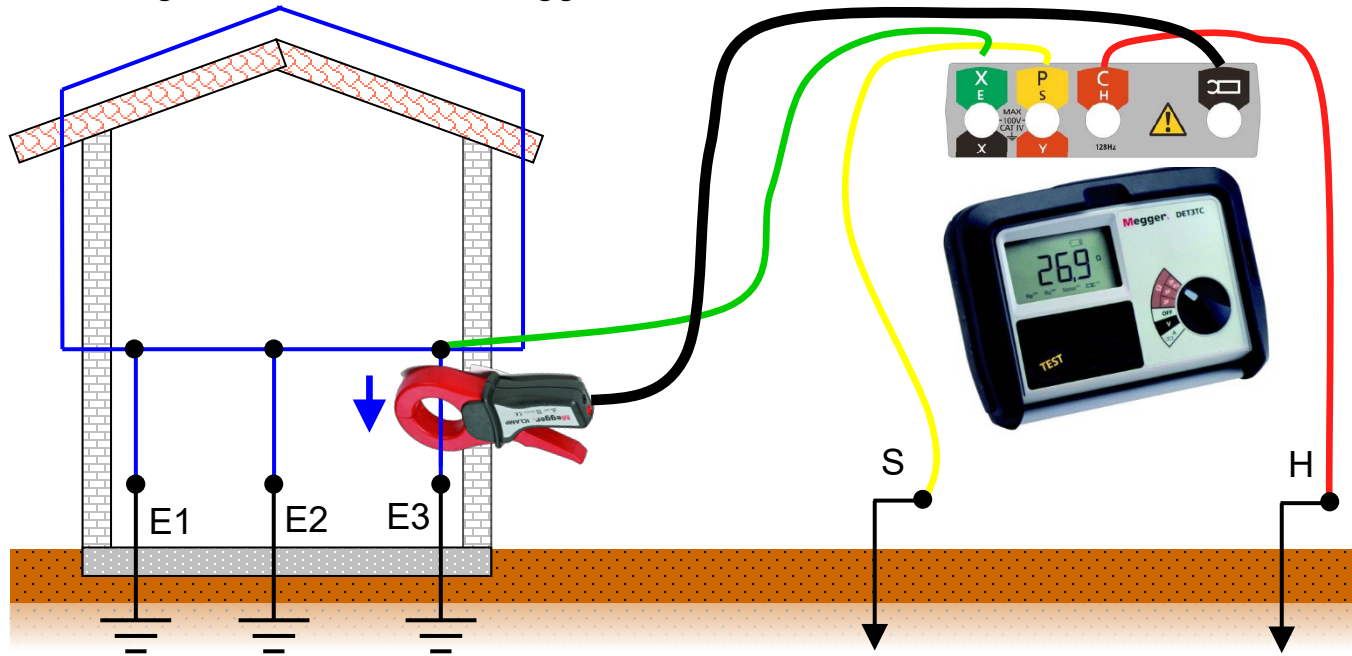
- Es werden zwei Hilfselektroden (Hilfserder und Sonde) gesetzt
- Der gesamte Messstrom fließt vom Erder (E) über den Hilfserder (H)
- Die Spannung wird zwischen Erder und Sonde (S) gemessen
- Mit der Stromzange wird der Strom über einen einzelnen Erder gemessen
- Der Widerstandswert wird aus der Spannung und dem Zangenstrom ermittelt

$$R_E = U / I_{\text{ZANGE}}$$



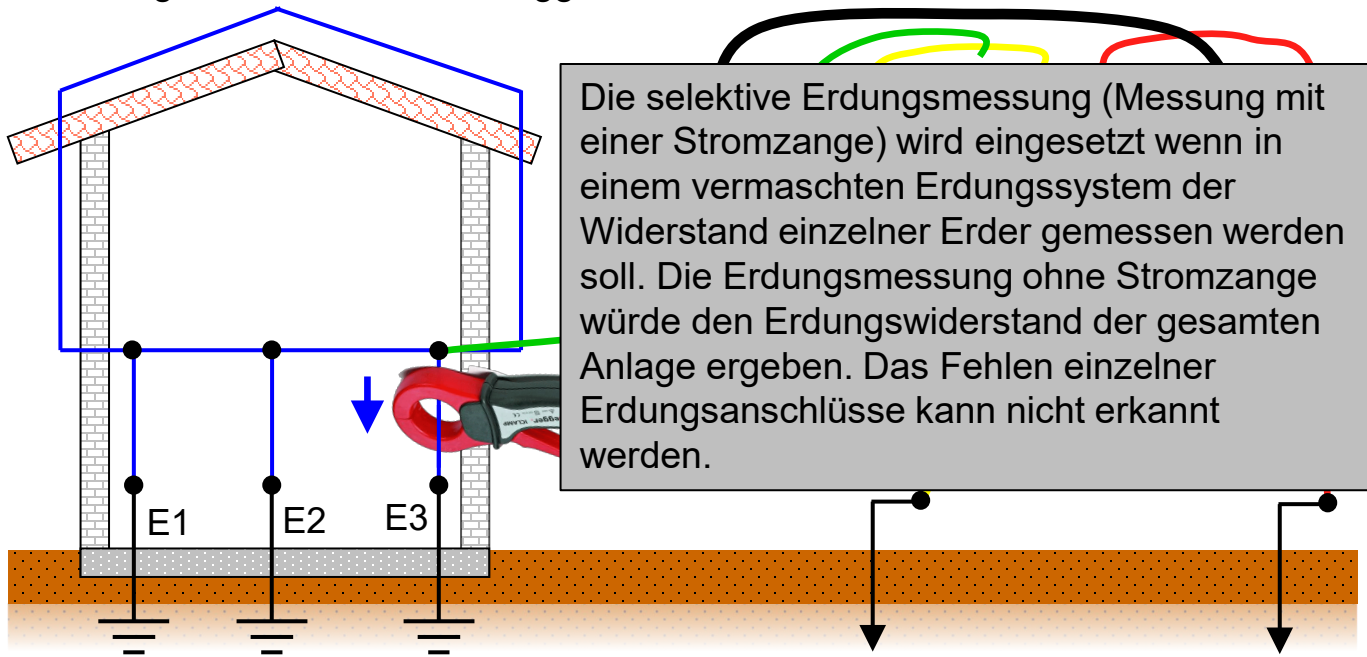
3.6 Selektive Erdungsmessung 3-polig mit Stromzange

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger DET3C, DET4C



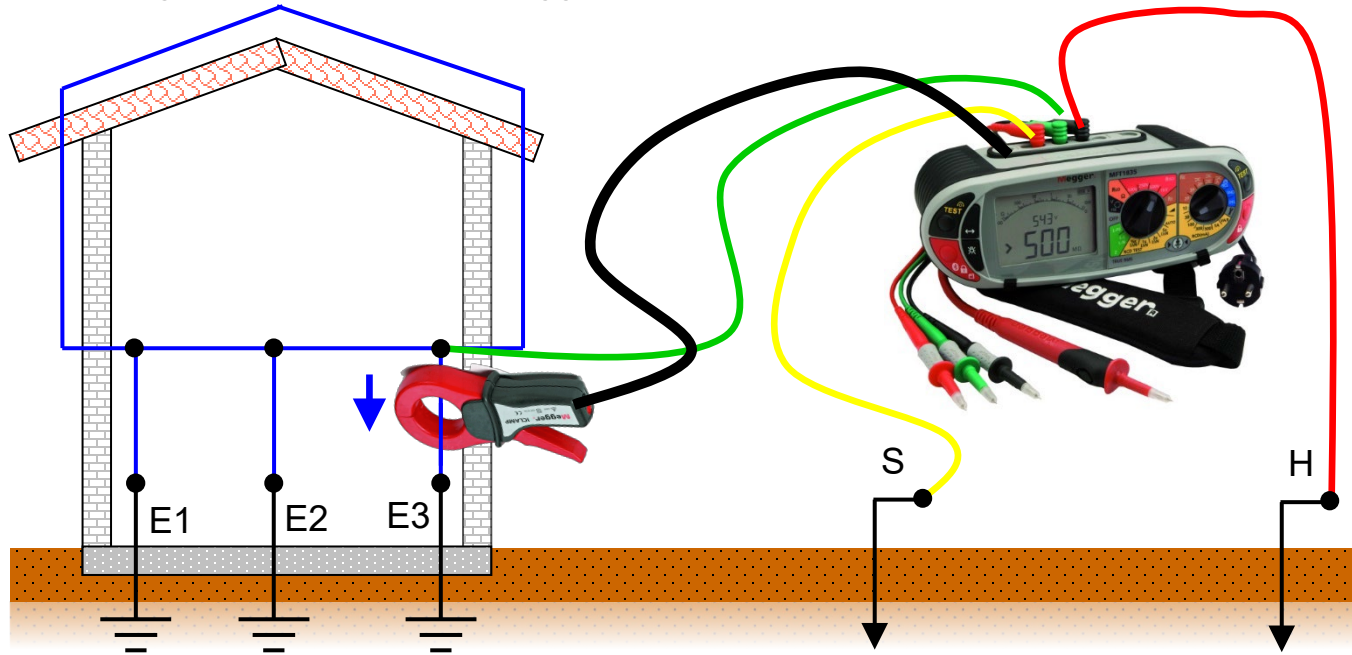
3.6 Selektive Erdungsmessung 3-polig mit Stromzange

Messung des Erdungswiderstandes mit Megger DET3C, DET4C



3.6 Selektive Erdungsmessung 3-polig mit Stromzange

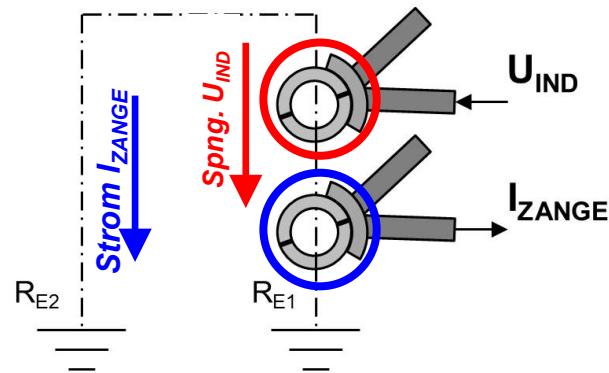
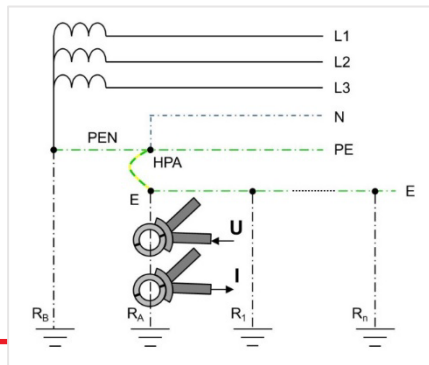
Messung des Erdungswiderstandes mit Megger MFT1835/1845+



3.7 Erdschleifenmessung mit zwei Stromzangen oder einer Erdungsmesszange

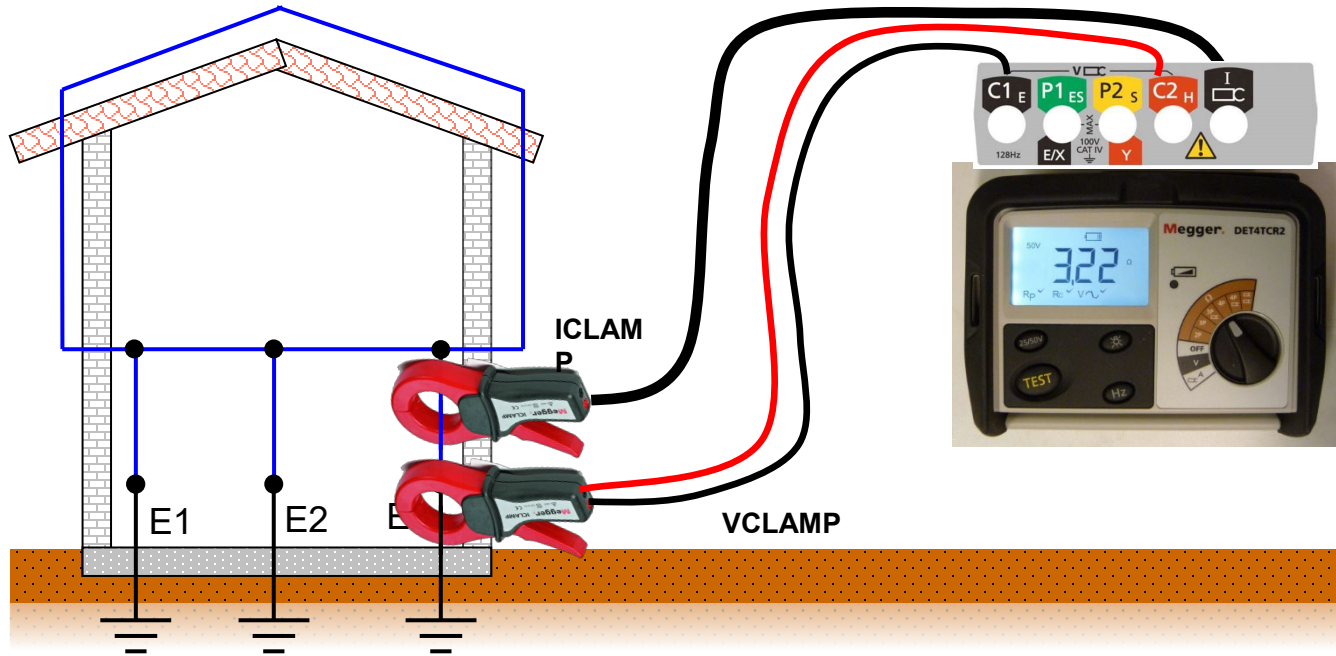
- Es werden keine Hilfselektroden benötigt
- Eine Stromzange induziert eine Spannung in eine geschlossene Schleife
- Mit einer weiteren Stromzange wird der Strom in dieser Schleife gemessen
- Der Widerstandswert wird aus der induzierten Spannung und dem gemessenen Strom ermittelt

$$R_S = U_{IND} / I_Z$$



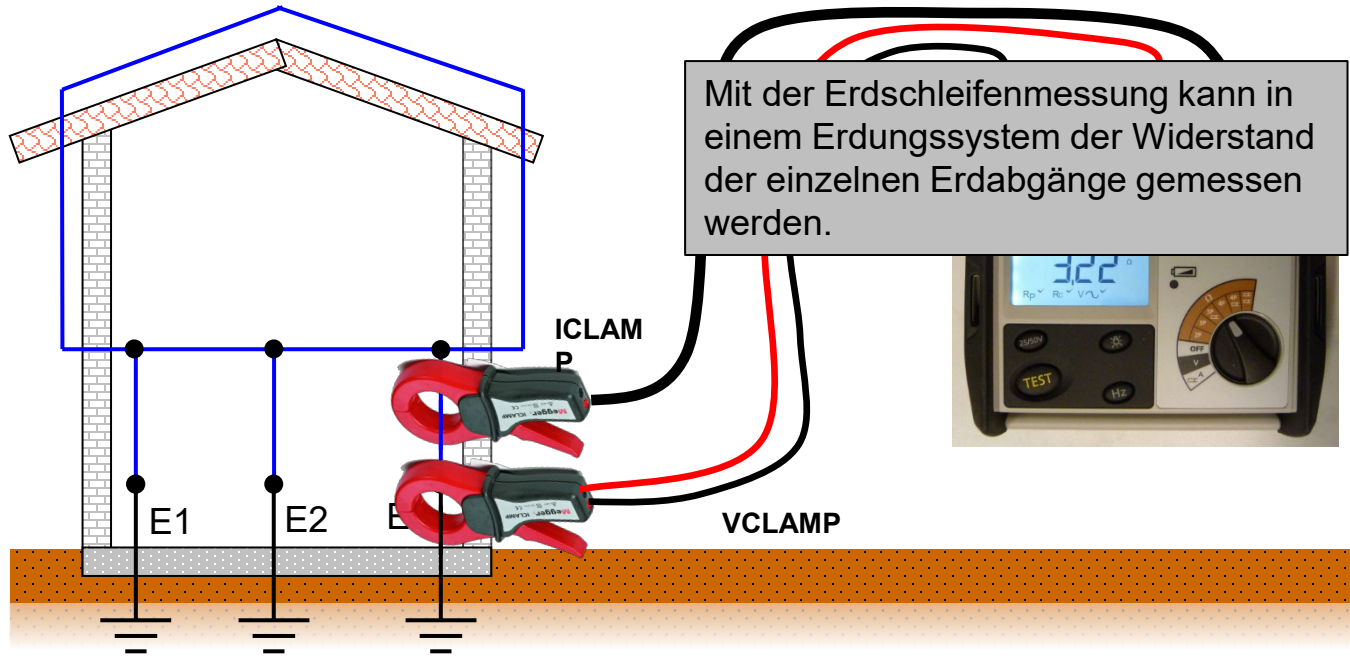
3.7 Erdschleifenmessung mit zwei Stromzangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET4C



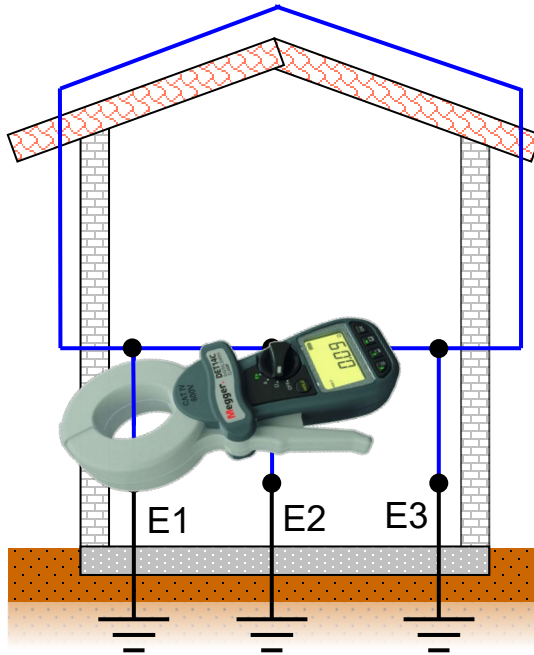
3.7 Erdschleifenmessung mit zwei Stromzangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET4C



3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24

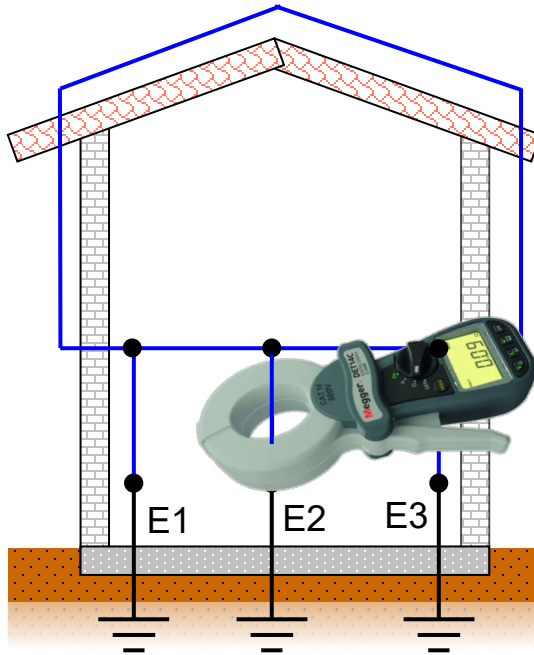


Messung an Erder E1

$$R_{ANZ} = R_{E1} + (R_{E2} // R_{E3})$$

3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24

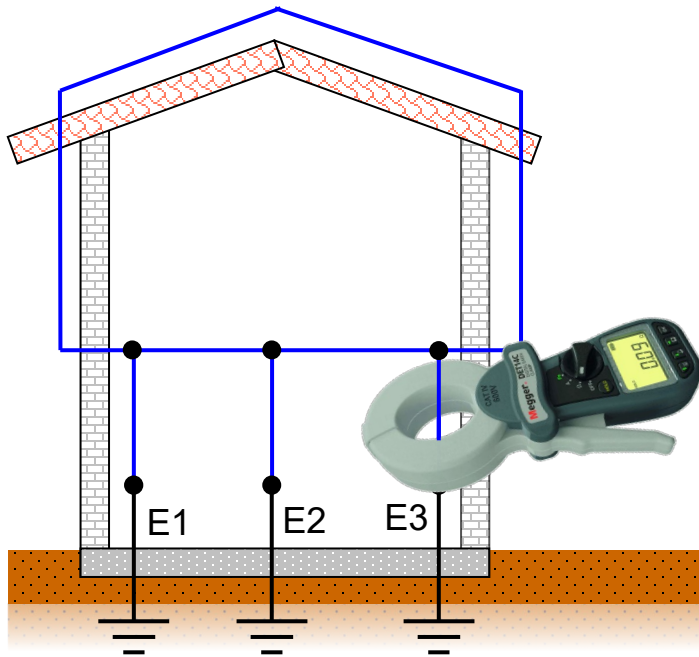


Messung an Erder E2

$$R_{ANZ} = R_{E2} + (R_{E1} // R_{E3})$$

3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24



Messung an Erder E3

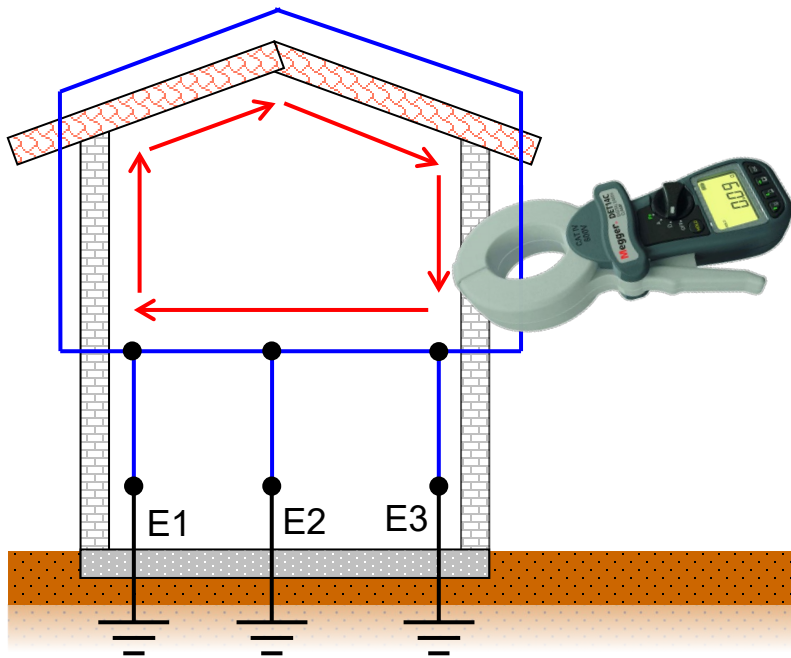
$$R_{ANZ} = R_{E3} + (R_{E1} // R_{E2})$$

Mit einer Erdungszange kann der Widerstand jeder einzelnen Schleife bestimmt werden. Damit lässt sich die Funktion jedes einzelnen Erders ohne Auftrennen nachweisen.

Achtung: Es kann jedoch nicht der gesamte Erdungswiderstand der Anlage ermittelt werden!

3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24

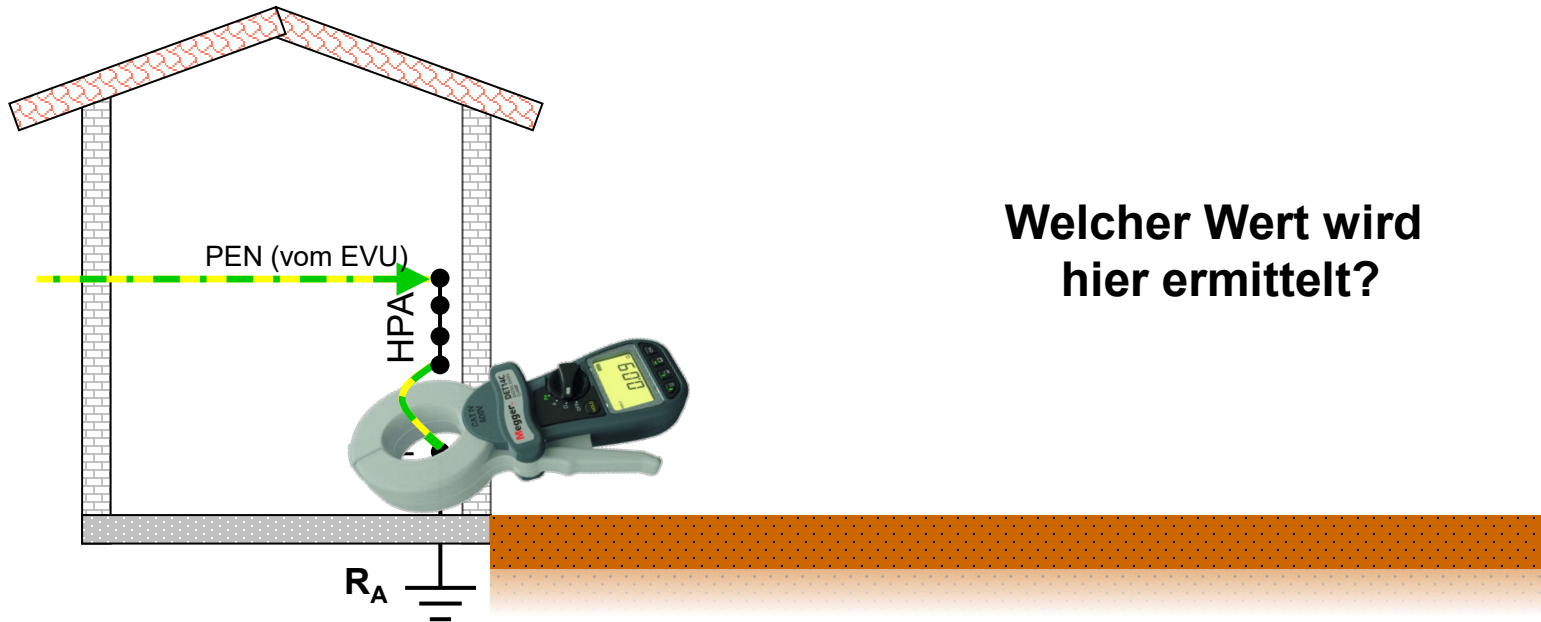


Welcher Wert wird hier ermittelt?

Die Messung oberhalb des Erdanschlusses ergibt den Widerstand der Blitzableiter Schleife, diese hat mit dem Erdungswiderstand nichts zu tun!

3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

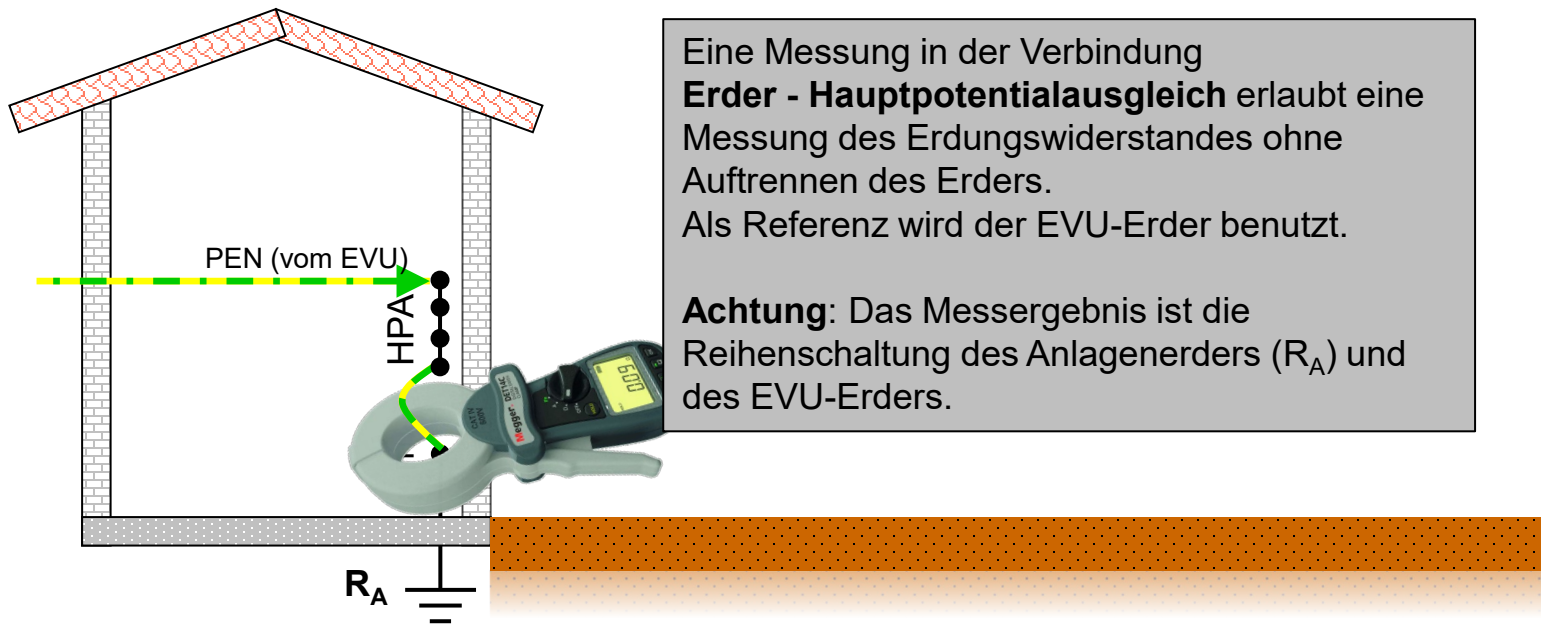
Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24



Welcher Wert wird hier ermittelt?

3.8 Erdschleifenmessung mit Erdungszangen

Messung des Erdschleifenwiderstandes mit Megger DET14, DET24



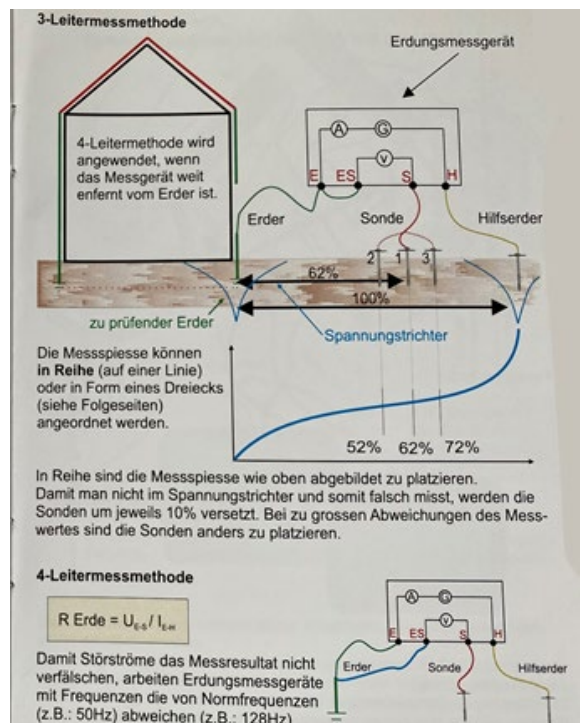
Erdungsmessverfahren

Die drei häufigsten Verfahren der Erdungsmessung:

- **Spannungsfallverfahren** (mit Spiesen) 3 oder 4-Leiter-Erdungsmessung
- **Selektiv** (mit einer Zange und Spiesen)
- **Spieslos** (nur Zange)

	Vorteile	Nachteile
3-Leiter-Messung 	Messwerte sind relativ leicht interpretierbar In der Regel wird diese Messmethode anerkannt	Möglicherweise können die Spiese nicht platziert werden. Erder müssen getrennt werden
4-Leiter-Messung 	Messwerte sind relativ leicht interpretierbar In der Regel wird diese Messmethode anerkannt Leitung zum Erder wird kompensiert	Möglicherweise können die Spiese nicht platziert werden. Erder müssen getrennt werden
Selektive-Messung 	Messwerte sind relativ leicht interpretierbar In der Regel wird diese Messmethode anerkannt	Möglicherweise können die Spiese nicht platziert werden. Erder müssen nicht getrennt werden
Spieslose-Messung 	Der Erder muss nicht getrennt werden	Mehrere parallel geführte Erder sind zwingend Möglicherweise wird eine Leiterschleife gemessen und nicht der Erdungswiderstand

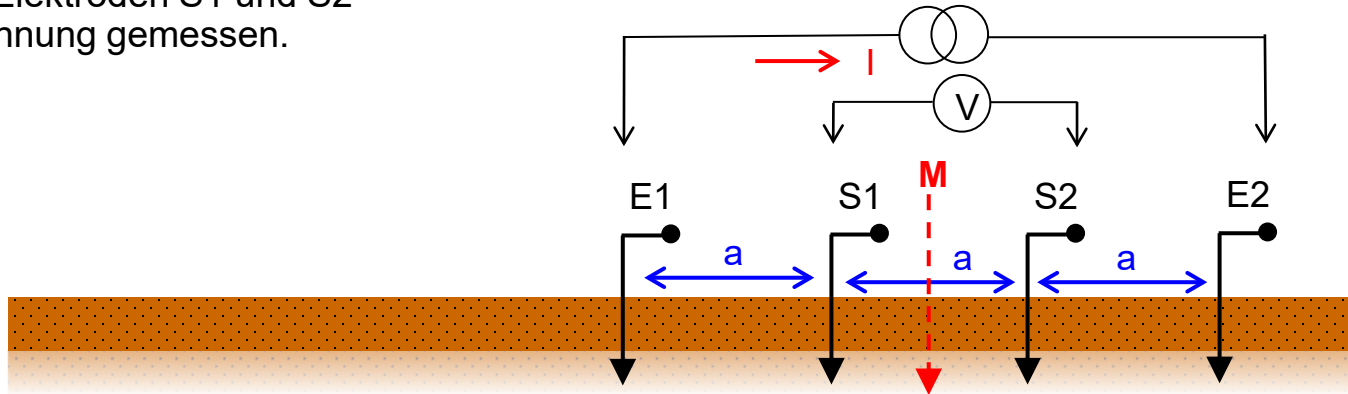
Spannungsfallverfahren



3. Messverfahren

3.10 Messung des spezifischen Erdwiderstandes nach Wenner

- Beim Wenner-Verfahren sind die Abstände zwischen den Elektroden immer gleich groß.
- Zur Messung werden vier Erdspeie in einer Linie im gleichen Abstand „ a “ in den Boden eingebracht.
- Die Elektroden werden symmetrisch um den Mittelpunkt M positioniert.
- Die Einbringtiefe der Speie wird in der Literatur verschieden angegeben und reicht von $a/20$ bis $a/3$.
- An den Elektroden E1 und E2 wird ein Messstrom eingespeist, an den Elektroden S1 und S2 die Spannung gemessen.



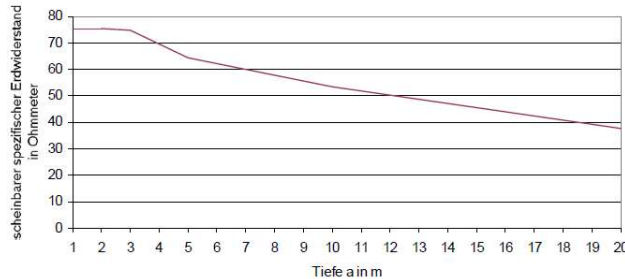
3.10 Messung des spezifischen Erdwiderstandes nach Wenner

-

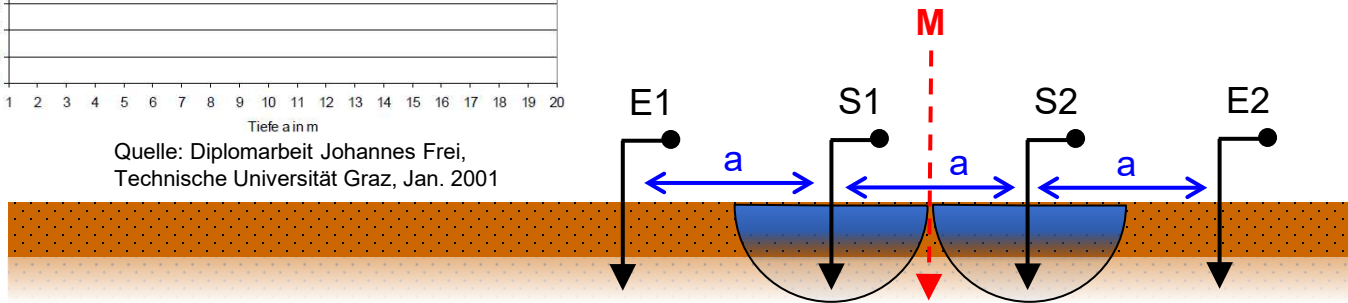
3. Messverfahren

3.10 Messung des spezifischen Erdwiderstandes nach Wenner

- Durch Umsetzen der Spieße im Gelände und mehrfaches Verändern des Abstandes “a”, kann ein Profil aufgenommen werden, welches zur Dimensionierung eines Erders herangezogen werden kann.
- **Berechnung:** $\rho_E = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_E$ [in Ωm]
- Der ermittelte Wert stellt den spezifischen Erdwiderstand in der Tiefe $\frac{1}{2} a$ am Punkt M dar. Damit ergeben sich z. B. Kurven, wie im folgenden Bild dargestellt.



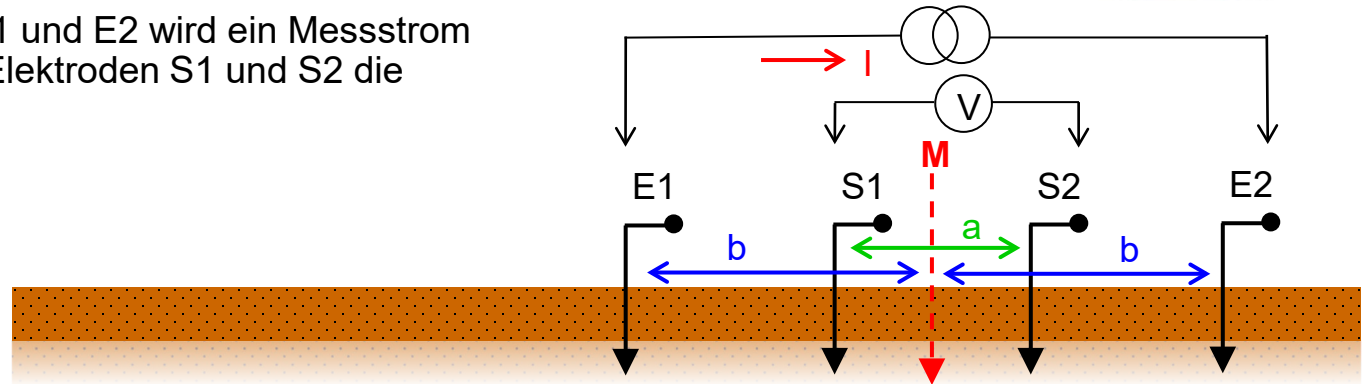
Quelle: Diplomarbeit Johannes Frei,
Technische Universität Graz, Jan. 2001



3. Messverfahren

3.11 Messung des spezifischen Erdwiderstandes nach Schlumberger

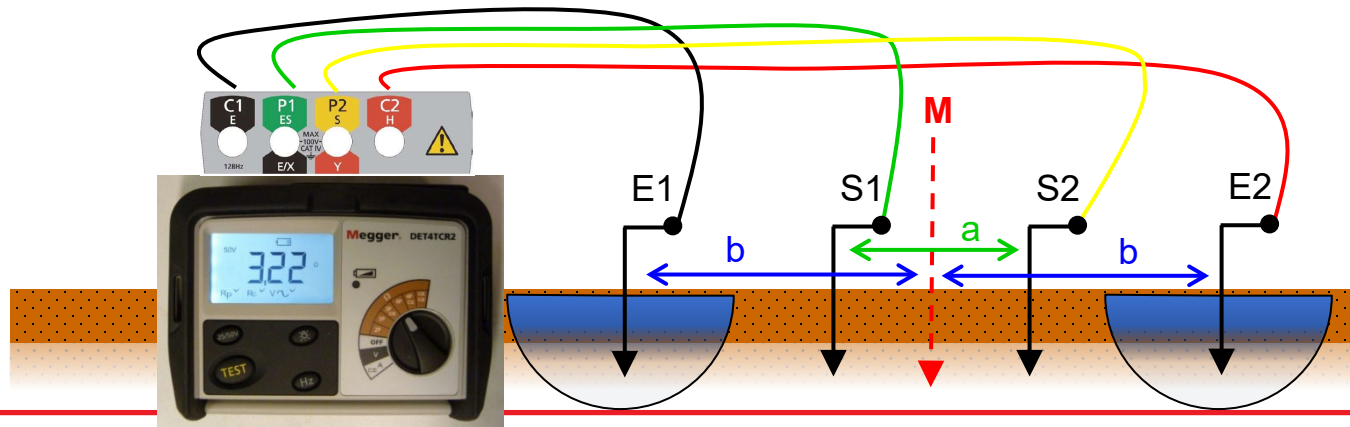
- Beim Schlumberger-Verfahren bleiben die Abstände zwischen den inneren Elektroden (S1, S2) unverändert, nur die Position der beiden äußeren Einspeiseelektroden (E1, E2) wird symmetrisch um den Mittelpunkt (M) variiert.
- Zur Messung werden vier Erdspeie in einer Linie in den Boden eingebracht.
- Der Abstand der beiden äußeren Elektroden (E1, E2) zum Mittelpunkt (M) wird als „b“ bezeichnet
- der Abstand der beiden inneren Elektroden (S1, S2) als „a“.
- An den Elektroden E1 und E2 wird ein Messstrom eingespeist, an den Elektroden S1 und S2 die Spannung gemessen



3. Messverfahren

3.11 Messung des spezifischen Erdwiderstandes nach Schlumberger

- Die Messmethode nach Schlumberger erfasst den spezifischen Erdwiderstand bis zu einer Tiefe, die ungefähr dem halben Abstand “b” der äußeren Spieße entspricht.
- Vergrößert man den Abstand “b”, können tiefere Erdschichten erfasst und Bodenschichten in größere Tiefe erfasst werden.
- Der Ausgangspunkt der Messung ist ein fester Mittelpunkt M, der beibehalten wird. Je nach der zu erfassenden Tiefe, wird der Abstand “b” zwischen 1 m und 30 m gewählt.



Geeignete Mess- und Prüfgeräte sind solche nach der Normenreihe DIN EN 61557. Mess- und Prüfgeräte für die Netzfrequenz 50 Hz (230/400 V) müssen Frequenzabweichungen von $\pm 5\%$ erkennen können.

Hinweis: Mess- und Prüfgeräte sollten mindestens alle drei Jahre vom Hersteller oder einem autorisierten Betrieb hinsichtlich der Messsicherheit überprüft werden.

5. Anhang

Normen, Richtlinien

- DIN VDE 0185-305-3:2011-10 (EN 62305-3)
Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- DIN VDE 0185-305-3 Bbl 3:2012-10 (EN 62305-3 Bbl 3)
Schutz von baulichen Anlagen und Personen - Zusätzliche Informationen für die Prüfung und Wartung von Blitzschutzsystemen
- DIN 18014:2014-03
Fundamente der — Planung, Ausführung und Dokumentation
- Entwurf „Erdungsanlagen für Gebäude- Planung, Ausführung und Dokumentation

5. Anhang

Beispielprotokoll nach DIN 18014

- [Quelle: Dehn]

DEHN-Formblatt-Nr. 21/201/011		Seite 1
Dokumentation der Erdungsanlage nach DIN 18014		
Ersteller: _____ Datum: _____ Bericht-Nr.: _____		
Eigentümer des Gebäudes	Name: _____ Straße: _____ PLZ, Ort: _____	
Angaben zum Gebäude	Standort: _____ Nutzung: _____ Bauart: _____ Art des Fundamentes: _____ Bauunternehmer: _____ Baugjahr: _____	
Planer der Erdungsanlage	Name: _____ Straße: _____ PLZ, Ort: _____	
Errichter der Erdungsanlage	☐ Elektro-Fachbetrieb ☐ Blitzschutz-Fachbetrieb ☐ Bauunternehmen mit der Aufsicht von Elektro-/Blitzschutz-Fachkraft Firma: _____ Name: _____ Straße: _____ PLZ, Ort: _____	
Verwendung der Erdungsanlage	☐ Schutzerdung für elektrische Sicherheit Funktionserdung für: ☐ Blitzschutzsystem ☐ Antennenanlage ☐ _____ Gelten weitere Anforderungen an die Erdungsanlage z. B. 50 Hz Kurzschlussströme (DIN VDE 0101/0141): ☐ ja ☐ nein	
Ausführung der Erdungsanlage	Art der Erdungsanlage: ☐ Fundamenteirder ☐ Ringirder Werkstoff Fundamenteirder: ☐ Stahl blank ☐ Stahl verzinkt Werkstoff Ringirder: ☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐ _____ ☐ Rundmaterial nach DIN EN 50164-2 (VDE 0185-202) ☐ _____ Abmessungen: _____ Entsprechen die Verbindungselemente den Anforderungen nach DIN EN 50164-1 (VDE 0185-201): ☐ ja ☐ nein Anschlussstelle Innen: ☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐ Erdungstestpunkt ☐ Sn/Zn mit Kunststoffummantelung ☐ _____ Anschlussstelle außen: ☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐ Erdungstestpunkt ☐ Sn/Zn mit Kunststoffummantelung ☐ _____	

Dokumentation und Durchgangsmessung der Erdungsanlage

nach DIN 18014:2014-03



Ersteller: _____ Datum: _____ Bericht-Nr.: _____

Allgemeines:

Eigentümer des Gebäudes:

Name: _____

PLZ / Ort / Straße: _____

Angaben zum Gebäude:

Standort: _____

Nutzung: _____

Bauart: _____

Art des Fundamentes: _____

Bauunternehmer: _____

Baujahr: _____

Planer der Erdungsanlage:

Name: _____

PLZ / Ort / Straße: _____

Errichter der Erdungsanlage:

☐ Elektro-Fachbetrieb ☐ Blitzschutz-Fachbetrieb ☐ Bauunternehmen mit der Aufsicht von Elektro-/Blitzschutz-Fachkraft

Firma: _____

Name: _____

PLZ / Ort / Straße: _____

Verwendung der Erdungsanlage:

☐ Schutzerdung für elektrische Sicherheit

Funktionserdung für: ☐ ☐ Blitzschutzsystem ☐ Antennenanlage

Gelten weitere Anforderungen an die Erdungsanlage, z. B. Anlagen über 1 kV (DIN VDE 0101-2/0141): ☐ Ja ☐ Nein

Ausführung der Erdungsanlage / Kombinierte Potentialausgleichsanlage:

Art der Erdungsanlage:

☐ Fundamenterder ☐ Ringerder mit Funktionspotentialausgleichsleiter

Werkstoff Fundamenterder/Funktionspotentialausgleichsleiter:

☐ Stahl blank ☐ Stahl verzinkt ☐

Werkstoff Ringerder:

☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐

Material nach DIN EN 62561-2 (VDE 0185-561-2):

☐ Rundmaterial ☐ Bandmaterial ☐

Abmessung: _____

Entsprechen die Verbindungselemente den Anforderungen nach DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1): ☐ Ja ☐ Nein

Anschlussstelle innen:

☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐ Erdungstestpunkt

☐ Sn/Zn mit Kunststoffummantelung ☐

Anschlussstelle außen:

☐ Edelstahl NIRO (V4A) ☐ Erdungstestpunkt

☐ Sn/Zn mit Kunststoffummantelung ☐

DEHN + SÖHNE
GmbH + Co.KG

Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
52356 Neuwied
Deutschland

Tel. 09181 906 0
Fax 09181 906 1100
info@dehn.de
www.dehn.de

DEHN Formblatt Nr. 21200518

Dokumentation und Durchgangsmessung der Erdungsanlage

nach DIN 18014:2014-03



Ersteller: _____ Datum: _____ Bericht-Nr.: _____

Zeichnungen, Bilder:

☐ Ausführungspläne, Zeichnung-Nr.: _____ ☐ Fotografien Gesamtungsanlage ☐ Exemplarische Fotografien von Verbindungsstellen ☐

Zweck der Dokumentation:

☐ Abnahme / Übergabe ☐ Wiederholungsprüfung ☐

Durchgangsmessung:

Messergebnis der Durchgangsmessprüfung zwischen den Anschlussstellen $\leq 0,2 \Omega$ erfüllt? ☐ Ja ☐ Nein

Prüfergebnis:

Die Anlage stimmt mit den vorliegenden Plänen überein: ☐ Ja ☐ Nein

Die Anlage ist ohne Mängel bzgl. der Anforderungen nach DIN 18014:2014-03: ☐ Ja ☐ Nein

Die Prüfung hat folgende Mängel ergeben:

Ort

Datum

Unterschrift des Prüfers

Stempel

Hinweise für den Eigentümer des Gebäudes:

Der Eigentümer hat für die Beseitigung der Mängel zu sorgen.

Bei baulichen Veränderungen oder Veränderung der Nutzung des Gebäudes ist umgehend der Fachbetrieb zu verständigen.

**Bühne frei –
Weiter geht es mit
Ihren Fragen**

Bei Interesse, kontaktieren Sie uns. Wir lassen Ihnen die kostenlosen Materialien gerne zukommen:

<https://megger.li/megger-info>

oder per E-Mail

- Paul Coester
Marketing & Communications DACH
Paul.Coester@megger.com
- Timo Schappacher
Bereichsleiter Niederspannung DACH
Timo.Schappacher@megger.com

The image is a collage of promotional materials from Megger. At the top, there are two red banners. The first banner reads "Das Messbuch" followed by "NACH DIN VDE 0100 UND DIN VDE 0701-0702". The second banner reads "Prüfablaufplan" followed by "NACH DIN VDE 0100 ANLAGENPRÜFUNG". Below these banners, there are several images of brochures and a website screenshot. One brochure is titled "Das Messbuch" and shows technical diagrams. Another brochure is titled "Prüfablaufplan nach DIN VDE 0100 Anlagenprüfung" and shows a table of inspection points. A website screenshot shows the Megger website with various products and services. At the bottom, there is a red banner that reads "Webinare". Below this banner, there is a laptop screen showing a webinar announcement. The announcement text reads: "Besuchen Sie unsere kostenlosen Niederspannungs-Webinare unter: weitere Webinare finden Sie unter: <https://www.megger.com/webinars>". A QR code is also present on the laptop screen.

Unsere Empfehlung

Megger-Weiterbildungstermine zu Erdungsmessungen



 Termine	 Kurs-Dauer	 Ort	 Kurs-Code	 Preis in Euro ¹⁾
12.05.2022	1 Tag ²⁾	Baunach	DET-11	299,-
15.06.2022	1 Tag ²⁾	Aachen	DET-12	299,-
29.09.2022	1 Tag ²⁾	Baunach	DET-13	299,-
26.10.2022	1 Tag ²⁾	Aachen	DET-14	299,-

Unsere nächsten Einladungen

Kommen Sie nach Aachen oder treffen Sie uns auf den Fachmessen, z.B. auf der **INTERSOLAR in München**, vom 14. – 16. Juni 2023 / Halle B4 – Stand 174.

Besuchen Sie [megger.de](https://www.megger.de) ► Veranstaltungen



The banner is divided into two main horizontal sections. The top section has a blue background with white and yellow text. On the left, the 'intersolar' logo is displayed in white and yellow, with the tagline 'connecting solar business' and 'EUROPE' below it. In the center, the text 'THE WORLD'S LEADING EXHIBITION FOR THE SOLAR INDUSTRY' is written in white. On the right, a yellow box contains the text 'JUNE 14-16 2023' in black. The bottom section has a dark red background. On the left, white text reads 'BESUCHEN SIE UNS AUF DEM STAND 174 / HALLE B4'. In the center, there is a collection of Megger electrical testing equipment, including a handheld meter, a clamp meter, and a portable power supply. On the right, the 'Megger' logo is prominently displayed in white.

**inter
solar**
connecting solar business | EUROPE

THE WORLD'S LEADING
EXHIBITION FOR
THE SOLAR INDUSTRY

**JUNE
14-16
2023**

BESUCHEN SIE UNS AUF
DEM **STAND 174 / HALLE B4**

Megger