

ERDUNGSWIDERSTAND

Grundlagen, Messverfahren und Anwendungsbereiche

PRÜFUNG intermittierender elektrischer Probleme

VERMEIDUNG unnötiger Ausfallzeiten

ERLERNEN der Sicherheitsgrundsätze der Schutzerdung



Warum erden, warum prüfen?

Wozu erden?

Eine unzureichende Erdung trägt nicht nur zu unnötigen Ausfallzeiten bei, sondern stellt auch eine Gefahr dar und erhöht das Ausfallrisiko für Geräte.

Ohne ein effektives Erdungssystem besteht nicht nur die Gefahr eines elektrischen Schlags; es können auch Instrumentenfehler, Klirrfaktorprobleme, Leistungsfaktorprobleme und eine ganze Reihe anderer intermittierender Schwierigkeiten auftreten. Wenn die Fehlerströme nicht durch ein ordnungsgemäß konzipiertes und gewartetes Erdungssystem abgeleitet werden können, suchen diese sich andere Wege, von denen möglicherweise auch Personen betroffen sind. Die folgenden Organisationen haben Empfehlungen und/oder Normen für den Bereich Erdung veröffentlicht, um die Sicherheit zu gewährleisten:

- OSHA (Occupational Safety Health Administration)
- NFPA (National Fire Protection Association)
- ANSI/ISA (American National Standards Institute and Instrument Society of America)
- TIA (Telecommunications Industry Association)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Eine gute Erdung ist jedoch nicht nur für die Sicherheit wichtig, sie verhindert auch Schäden an Industrieanlagen und Geräten. Ein gutes Erdungssystem steigert die Zuverlässigkeit der Geräte und vermindert die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch Blitzschlag oder Fehlerströme. Jedes Jahr entstehen Milliardenverluste durch elektrische Brände am Arbeitsplatz. In diesen Kosten sind noch keine Prozesskosten sowie personelle bzw. unternehmensweite Produktivitätsverluste enthalten.

Wozu Erdungssysteme überprüfen?

Mit der Zeit können korrosive Böden mit hohem Feuchtegrad, hohem Salzgehalt und hohen Temperaturen die Erdungsstäbe und ihre Verbindungen angreifen. Das bedeutet, dass das Erdungssystem bei der ursprünglichen Installation zwar niedrige Erdungswiderstandswerte aufweist, sein Widerstand aber allmählich zunehmen kann, wenn die Erdungsstäbe zunehmend angegriffen sind.

Erdungsmesser wie die Geräte Fluke 1623-2 und 1625-2 sind unentbehrliche Werkzeuge zur Fehlersuche, um Ausfallzeiten zu minimieren. Bei frustrierenden intermittierenden elektrischen Problemen könnte das Problem mit einer schlechten Erdung oder einer schlechten Netzqualität zusammenhängen.

Daher wird dringend empfohlen, die Erder und alle Verbindungen mindestens einmal jährlich im Rahmen des normalen vorausschauenden Instandhaltungsplans zu überprüfen. Wenn bei der Durchführung der regelmäßigen Überprüfungen ein Widerstandsanstieg von mehr als 20 % gemessen wird, sollte der Techniker die Ursache auffindig machen und den Widerstand verringern, indem er zusätzliche Erdungsstäbe installiert oder minderwertige Erdungsstäbe austauscht.

Was ist eine Erdung und welchen Zweck hat sie?

Artikel 100 des US-amerikanischen NEC (National Electrical Code) definiert eine Erdung als: „Eine absichtlich oder unabsichtlich hergestellte leitende Verbindung zwischen einem Stromkreis oder einem elektrischen Gerät und der Erde bzw. Masse oder einem leitfähigen Körper, der als Masse dienen kann.“ Grundsätzlich unterscheiden wir Erdung und Massung: Erdung bezeichnet eine beabsichtigte Verbindung zwischen einem Leiter (üblicherweise dem Neutralleiter) und einem Erder. Massung gewährleistet eine ordnungsgemäße Erdung elektrischer Geräte in einem Gebäude. Diese beiden Erdungssysteme müssen voneinander getrennt bleiben, ausgenommen eine Verbindung zwischen den beiden Systemen. Dadurch werden Unterschiede des Spannungspotenzials durch einen möglichen Überschlag bei einem Blitzschlag verhindert. Erdung dient nicht nur dem Schutz von Personen, Gebäuden und Geräten, sondern gewährleistet darüber hinaus die sichere Ableitung von Fehlerströmen, Blitzschlägen, statischen Entladungen, elektromagnetischen Störungen und Hochfrequenzstörungen.

Inhaltsverzeichnis

Was ist ein guter Wert für den Erdungswiderstand?

Es herrscht eine weit verbreitete Uneinigkeit darüber, wie eine gute Erdung aussieht und wie hoch der Erdungswiderstand sein sollte. Im Idealfall sollte der Erdungswiderstand 0 Ohm betragen.

Es gibt keinen genormten Erdungswiderstandsschwellenwert, der von allen Institutionen anerkannt wird. NFPA und IEEE empfehlen einen Erdungswiderstandswert von maximal 5,0 Ohm.

Der NEC erklärt hierzu: „Stellen Sie sicher, dass die Systemimpedanz zur Erde weniger als 25 Ohm beträgt, spezifiziert in NEC 250.56. In Einrichtungen mit empfindlichen Geräten sollte der Wert maximal 5,0 Ohm betragen.“

Die Telekommunikationsindustrie verwendet häufig maximal 5,0 Ohm als Wert für Erdung und Potenzialausgleich.

Das Ziel sollte es sein, einen Erdungswiderstand zu erreichen, der so klein wie möglich ist und dabei wirtschaftlich und physikalisch sinnvoll ist.



Warum prüfen? Korrosive Böden.



Wozu erden? Blitzschlag.



Prüfen Sie den Zustand Ihres Erdungssystems mit dem Fluke 1625-2.

2

Wozu erden?
Warum prüfen?

4

Grundlagen
der Erdung

6

Verfahren der
Erdungsmessung

12

Messung des
Erdwiderstands



Grundlagen der Erdung

Bestandteile eines Erders

- Erdungsleiter
- Verbindung zwischen Erdungsleiter und Erder
- Erder

Orte der Widerstände

(a) Der Erder und seine Verbindung

Der Widerstand des Erders und seiner Verbindung ist in der Regel sehr niedrig. Erdungsstäbe bestehen im Normalfall aus einem hochleitfähigen/niederohmigen Werkstoff wie Kupfer oder Stahl.

(b) Der Kontaktwiderstand der umgebenden Erde zum Erder

Das National Institute of Standards (eine staatliche Behörde innerhalb des US-Handelsministeriums) hat nachgewiesen, dass dieser Widerstand fast vernachlässigbar ist, vorausgesetzt dass der Erder frei von Farbe und Fett usw. ist und dass der Erder einen guten Kontakt mit der umgebenden Erde hat.

(c) Der Widerstand der umgebenden Erde

Der Erder ist von Erde umgeben, die konzeptionell aus konzentrischen Hüllen besteht, die alle die gleiche Dicke aufweisen. Die Hüllen, die am dichtesten am Erder liegen, weisen die kleinste Fläche auf, also haben sie den größten Widerstand. Jede nachfolgende Hülle weist eine größere Fläche auf und hat somit einen kleineren Widerstand. Schließlich wird der Punkt erreicht, an dem die zusätzlichen Hüllen dem Boden um den Erder herum nur wenig Widerstand bieten.

Auf Grundlage dieser Informationen sollten wir uns auf Mittel und Wege konzentrieren, den Erdungswiderstand bei der Installation des Erdungssystems zu reduzieren.

Wodurch wird der Erdungswiderstand beeinflusst?

Zunächst erfordert der NEC-Code (1987, 250-83-3) eine Erdermindestlänge von 2,5 Metern, die mit dem Boden in Kontakt sein muss. Es gibt jedoch vier Variablen, die den Erdungswiderstand eines Erdungssystems beeinflussen:

1. Länge/Tiefe des Erders
2. Durchmesser des Erders
3. Anzahl der Erder
4. Aufbau des Erdungssystems

Länge/Tiefe des Erders

Eine äußerst effektive Möglichkeit, den Erdungswiderstand zu reduzieren, ist, den Erder tiefer in den Boden zu treiben. Der Erdboden ist in seinem Widerstandswert nicht konsistent, und der Bodenwiderstand ist unvorhersehbar. Es ist wichtig, den Erder unterhalb der Frostgrenze zu installieren. Dies ist notwendig, damit der Erdwiderstand nicht mehr als nötig durch Frost der umgebenden Erde beeinflusst wird.

Als Faustregel gilt, dass der Erdungswiderstand um weitere 40 % verringert werden kann, wenn die Länge des Erders verdoppelt wird. Es gibt Situationen, in denen es physikalisch unmöglich ist, die Erdungsstäbe tiefer zu treiben - Böden mit Felsen, Granit, usw. Das Einschlämmen von Erdungsstäben im Felsen mit Zement verbessert den Erdungswiderstand. Meistens bedient man sich aber alternativer Erdungen, z. B. durch Flächenerder.

Durchmesser des Erders

Ein größerer Erderdurchmesser hat nur geringen Einfluss auf die Verringerung des Erdungswiderstandes. Wenn beispielsweise der Durchmesser verdoppelt wird, würde der Erdungswiderstand lediglich um 10 % reduziert werden.

Anzahl der Erder

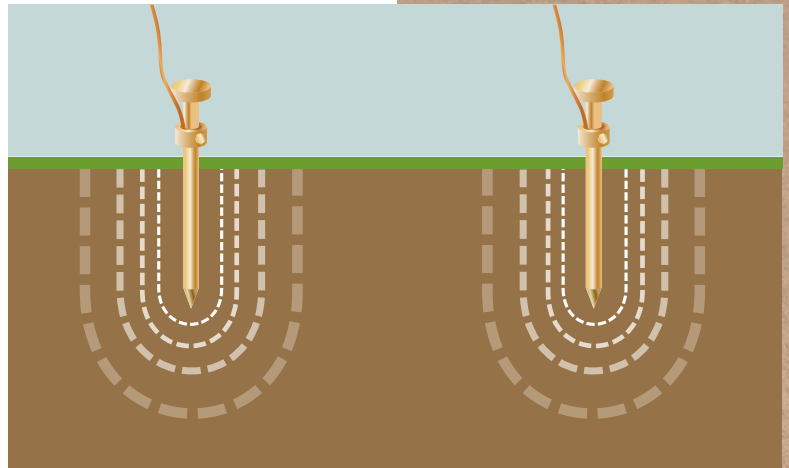
Eine weitere Möglichkeit, den Erdungswiderstand zu verringern, ist die Verwendung von Mehrfacherdern. Bei diesem Aufbau werden mehrere Erdungsstäbe in den Boden getrieben und parallel miteinander verbunden, um den Erdungswiderstand zu verringern. Um eine Wirksamkeit der zusätzlichen Erdungsstäbe zu erreichen, sollte der Abstand der Stäbe mindestens gleich der Tiefe der eingetriebenen Stäbe sein. Ohne den korrekten Abstand der Erdungsstäbe überschneiden sich ihre Einflussbereiche, und der Erdungswiderstand nimmt nicht ab.

Verwenden Sie die Erdungswiderstandstabelle unten als Hilfestellung bei der Installation von Erdungsstäben, die Ihre besonderen Widerstandsanforderungen erfüllen. Bedenken Sie jedoch, dass diese Angaben nur als Faustregel dienen können, da Böden in der Regel unterschiedliche Schichten aufweisen und selten homogen sind. Die Widerstandswerte können stark voneinander abweichen.

Aufbau des Erdungssystems

Einfache Erdungssysteme bestehen aus einem Einfacherder, der in den Boden getrieben wird. Der Einfacherder ist die häufigste Erdungsmethode und befindet sich im Normalfall außerhalb Ihrer Wohnung oder der Arbeitsstätte. Komplexe Erdungssysteme verfügen über mehrere miteinander verbundene Erdungsstäbe, Gitter oder Gitternetzwerke, Erdungsplatten und Erdungsschleifen. Diese Systeme werden in der Regel bei Stromerzeugungsanlagen, Zentralen und Mobilfunkmasten installiert.

Komplexe Netzwerke führen zu einer drastischen Erhöhung der Kontaktfläche zur umgebenden Erde und verringern so den Erdungswiderstand.

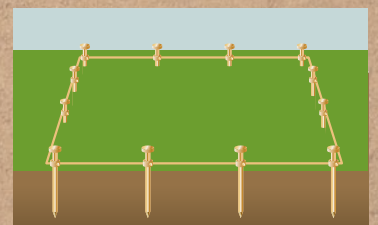


Jeder Erder hat seinen eigenen „Wirkbereich“.

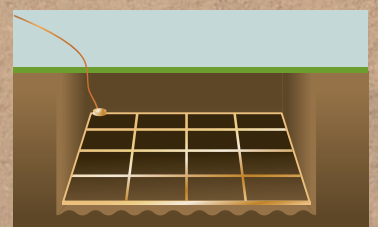
Erdungs-systeme



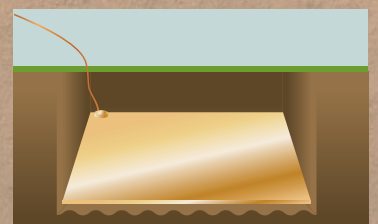
Einfach-Erder



Mehrere verbundene Erder



Gitternetzwerk



Erdungsplatte

Bodenart	Erd-widerstand R_E ΩM	Erdungswiderstand					
		Tiefe des Erders (in Meter)			Erdungsband (in Meter)		
		3	6	10	5	10	20
Sehr feuchter Boden, sumpftartig	30	10	5	3	12	6	3
Ackerland, Lehm- und Tonböden	100	33	17	10	40	20	10
Sandiger Lehmboden	150	50	25	15	60	30	15
Feuchter Sandboden	300	66	33	20	80	40	20
Beton 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Feuchter Kies	500	160	80	48	200	100	50
Trockener Sandboden	1000	330	165	100	400	200	100
Trockener Kies	1000	330	165	100	400	200	100
Steiniger Boden	30.000	1000	500	300	1200	600	300
Gestein	10^7	-	-	-	-	-	-

Welche Verfahren der Erdungsmessung gibt es?

Es gibt vier Verfahren der Erdungsmessung:

- **Bodenwiderstand** (mit Spießen)
- **Spannungsfallverfahren** (mit Spießen)
- **Selektiv** (mit einer Zange und Spießen)
- **Spießlos** (nur mit zwei Zangen)

Messung des Bodenwiderstands

Gründe für die Bestimmung des Bodenwiderstandes

Die Messung des Bodenwiderstands ist insbesondere dann sinnvoll, wenn Sie ein geeignetes Erdungssystem für neue Installationen entwickeln (Anwendungen auf der "grünen Wiese"). Im Idealfall finden Sie eine Stelle mit dem geringstmöglichen Widerstand. Aber, wie schon erwähnt, können wir schlechten Bodenverhältnissen mit gut durchdachten Erdungssystemen entgegenwirken.

Die Zusammensetzung des Bodens, der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperatur haben Einfluss auf den Bodenwiderstand. Ein Boden ist selten homogen, und der Bodenwiderstand kann sich je nach geografischer Lage und Tiefe unterscheiden. Der Feuchtigkeitsgehalt ändert sich mit der Jahreszeit und variiert abhängig von der Anordnung der Bodenschichten und der Tiefe des Grundwasserspiegels. Da Boden und Wasser in tieferen Schichten in der Regel gleichmäßiger sind, wird empfohlen, die Erdungsstäbe so tief wie möglich zu treiben, vorzugsweise bis in das Grundwasser. Außerdem sollten Erdungsstäbe in einem Bereich mit stabilen Temperaturen, zum Beispiel unterhalb der Frostgrenze, installiert werden.

Ein effektives Erdungssystem sollte so ausgelegt sein, dass es schlimmstmöglichen Bedingungen standhält.

Wie berechne ich den Bodenwiderstand?

Das nachfolgend beschriebene Messverfahren bringt die allgemein akzeptierte Wenner-Methode zur Anwendung, die 1915 von Dr. Frank Wenner, Mitarbeiter des US Bureau of Standards, entwickelt wurde. (F. Wenner, A Method of Measuring Earth Resistivity; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, S. 478-496; 1915/16.)

Die Formel lautet:

$$\rho = 2 \pi A R$$

(ρ = durchschnittl. Bodenwiderstand in Tiefe A in Ohm cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = der Abstand zwischen den Elektroden in cm

R = der mit dem Messgerät erfasste Widerstandswert in Ohm

Hinweis: Teilen Sie den Wert in Ohm cm durch 100, um ihn in die Einheit Ohm m umzuwandeln. Achten Sie auf die gewählten Maßeinheiten.

Beispiel: Sie möchten für Ihr Erdungssystem Erdstäbe von 1 Meter Länge installieren. Um den Bodenwiderstand in 1 Meter Tiefe zu berechnen, ist wie oben erwähnt ein Mindestabstand von drei Metern zwischen den Prüfelektroden erforderlich.

Starten Sie zur Messung des Bodenwiderstands den Fluke 1625-2 und lesen Sie den Widerstandswert in Ohm ab. In diesem Fall nehmen wir an, dass die Widerstandsmessung einen Wert von 100 Ω ergibt. Wir kennen jetzt die folgenden Größen:

$$A = 1 \text{ Meter}$$

$$R = 100 \text{ Ohm}$$

Der Bodenwiderstand lässt sich nun wie folgt berechnen:

$$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$$

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 1 \text{ Meter} \times 100 \text{ Ohm}$$

$$\rho = 1885 \text{ } \Omega\text{m}$$

Wie messe ich den Bodenwiderstand?

Um den Bodenwiderstand zu prüfen, schließen Sie das Erdungsmessgerät wie unten gezeigt an.

Wie Sie sehen können, werden vier Erdungsspitze auf einer geraden Linie und in gleichen Abständen zueinander platziert. Der Abstand der Erdungsspitze sollte mindestens das Dreifache der Spießtiefe betragen. Wenn also die Tiefe der einzelnen Erdspeife 30 cm beträgt, muss der Abstand zwischen den Spießen mindestens 90 cm betragen. Das Fluke 1625-2 generiert einen bekannten Strom durch die beiden äußeren Erdspeife, und zwischen den beiden inneren Erdspeifen wird der Spannungsabfall gemessen. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes ($U = I \times R$) berechnet das Messgerät von Fluke automatisch den Bodenwiderstand.

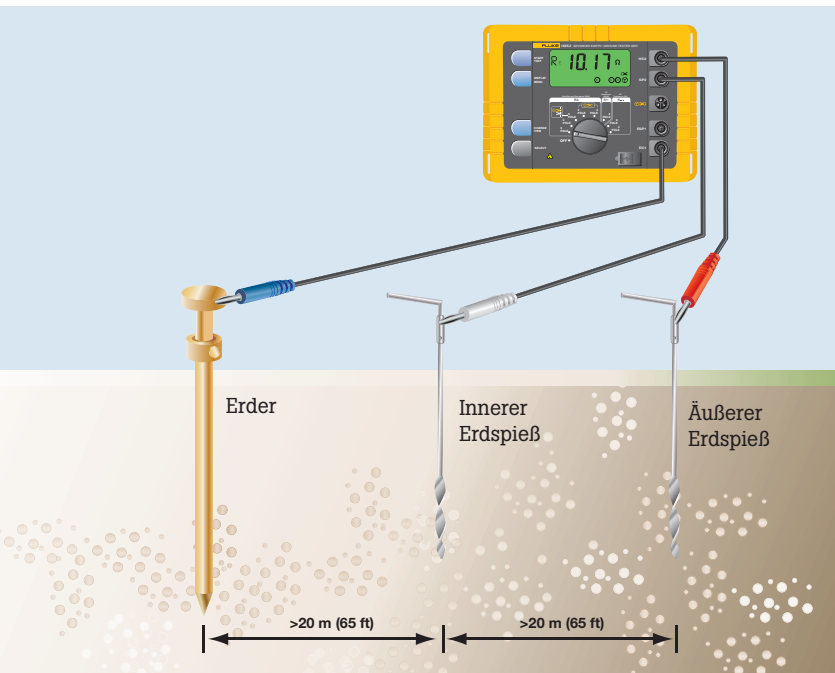
Da die Messergebnisse häufig durch Metallteile, wasserführende Schichten usw. im Boden verfälscht werden oder ungültig sind, werden zusätzliche Messungen empfohlen, wobei die Achsen der Erdspeife um 90 Grad gedreht werden. Durch die mehrfache Änderung der Tiefen und Abstände kann ein Profil erstellt werden, das Aufschluss über ein geeignetes Erdungssystem geben kann.

Bodenwiderstandsmessungen werden oft durch Erdströme und ihre Oberschwingungen verfälscht. Um dies zu verhindern, nutzt das Fluke 1625-2 ein System zur automatischen Frequenzregelung (Automatic Frequency Control, AFC). Das System nutzt automatisch die Testfrequenz mit dem geringsten Rauschanteil, damit Sie ein aussagekräftiges Messergebnis erhalten.



Aufbau zur Bodenwiderstandsmessung mit den Messgeräten Fluke 1623-2 oder 1625-2.

Welche Verfahren der Erdungsmessung gibt es?



Messung mittels des Spannungsfallverfahrens

Die Messung mittels des Spannungsfallverfahrens wird angewandt, um die Fähigkeit eines Erdungssystems oder eines einzelnen Erders zu messen, an einem gegebenen Ort Energie abzubauen.

Wie funktioniert die Messung mittels des Spannungsfallverfahrens?

Zunächst muss die Verbindung des entsprechenden Erders zur Anlage unterbrochen werden. Dann wird das Messgerät mit dem Erder verbunden. Für die 3-polige Spannungsfallmessung werden anschließend zwei Erdspieße so in den Boden gesetzt, dass sie eine vom Erder weg führende, gerade Linie bilden. Normalerweise ist ein Abstand von 20 Metern ausreichend. Weitere Angaben zur Positionierung der Erdspieße erhalten Sie im nächsten Abschnitt.

Das Gerät Fluke 1625-2 erzeugt einen bekannten Strom zwischen dem äußeren Spieß (Zusatzerdspieß) und dem Erder, während zwischen dem mittleren Spieß und dem Erder der Abfall des Spannungspotenzials gemessen wird. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes ($U = I \times R$) berechnet das Messgerät automatisch den Widerstand des Erders.

Verbinden Sie das Erdungsmessgerät wie in der Abbildung dargestellt. Drücken Sie

auf START und lesen Sie den Wert von R_E (Widerstand) ab. Dies ist der tatsächliche Wert des geprüften Erders. Befindet sich der Erder in Parallel- oder Reihenschaltung mit anderen Erdstäben, so ist R_E der Gesamtwert aller Widerstände.

Wie werden die Erdspieße positioniert?

Um bei der Bodenwiderstandsmessung mit 3 Polen maximale Genauigkeit zu erzielen, muss der Messfühler außerhalb des Wirkungsbereichs des gemessenen Erders und des zusätzlichen Erders positioniert werden.

Wenn Sie den Messfühler nicht außerhalb des Wirkungsbereichs positionieren, überlappen sich die effektiven Widerstandsbereiche und machen die vorgenommenen Messungen ungültig. Die folgende Tabelle kann als Leitfaden für die richtige Positionierung von Messfühler (innerer Spieß) und Zusatzerder (äußerer Spieß) dienen.

Um die Genauigkeit der Messergebnisse zu überprüfen und sicherzustellen, dass sich die Erdspieße außerhalb der Wirkbereiche befinden, versetzen Sie den inneren Spieß (Messfühler) jeweils um 1 Meter in beide Richtungen und nehmen erneute Messungen vor. Ergibt sich eine deutliche Messwertänderung (30 %), müssen Sie den Abstand zwischen dem geprüften Erdstab, dem inneren Spieß (Messwert) und dem äußeren Spieß (Zusatzerder) so lange vergrößern, bis die Messwerte bei Versetzung des inneren Spießes (Messfühler) weitgehend konstant bleiben.

Tiefe des Erders	Abstand zum inneren Spieß	Abstand zum äußeren Spieß
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m

Selektive Messung

Das selektive Messverfahren ähnelt dem Spannungsfallverfahren und erlaubt die gleichen Messungen, ist jedoch viel sicherer und einfacher. Der Grund dafür besteht darin, dass der relevante Erder bei der selektiven Messung nicht von der Anlage getrennt werden muss. Da eine Trennung der Erder nicht erforderlich ist, bringt sich der Techniker nicht selbst in Gefahr und gefährdet auch keine anderen Personen oder elektrischen Geräte innerhalb eines nicht geerdeten Gebäudes.

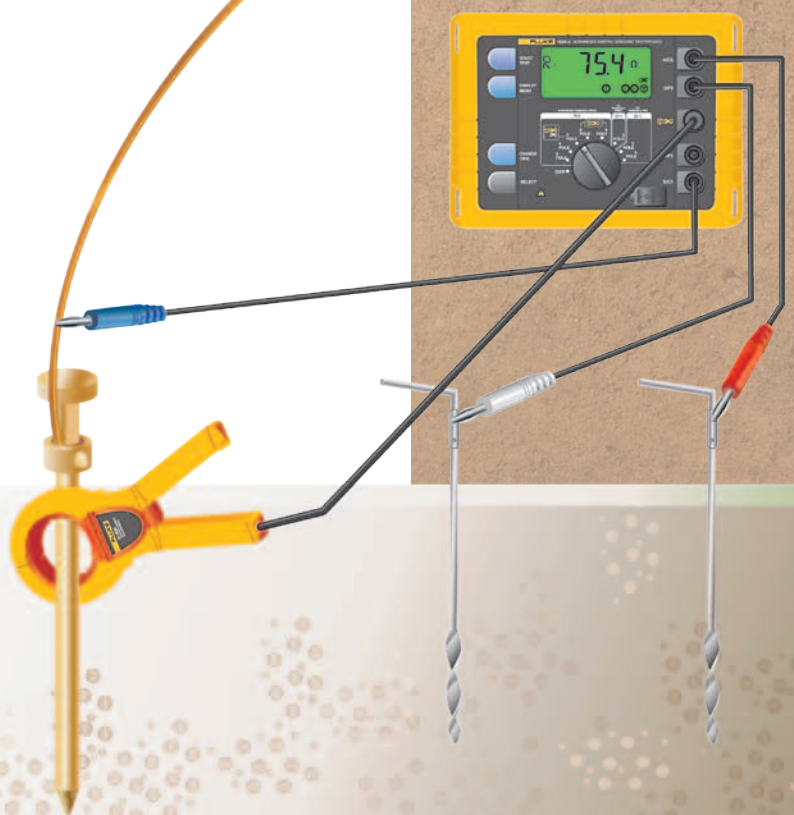
Wie bei der SpannungsFALLmessung werden zwei Erdspieße so in den Boden gesetzt, dass sie zusammen mit dem Erder eine Linie bilden. Normalerweise ist ein Abstand von 20 Metern ausreichend. Das Messgerät wird dann mit dem entsprechenden Erder verbunden. Dies hat den Vorteil, dass die Verbindung zur Anlage nicht unterbrochen werden muss. Stattdessen wird eine spezielle Zange am Erder angebracht, wodurch Einflüsse von Parallelwiderständen innerhalb des Erdungssystems ausgeschlossen werden und nur der jeweilige Erder gemessen wird.

Wie zuvor erzeugt das Messgerät Fluke 1625-2 einen bekannten Strom zwischen dem äußeren Spieß (Zusatzerdspieß) und dem Erder, während zwischen dem mittleren Spieß und dem Erder der Abfall des Spannungspotenzials gemessen wird. Mit der Zange wird nur der Strom gemessen, der durch den messrelevanten Erder fließt. Der erzeugte Strom fließt auch durch alle weiteren, parallelen Widerstände, doch nur der Strom, der die Zange passiert (also der Stromfluss durch den messrelevanten Erder) wird zur Berechnung des Widerstands ($V = I \times R$) herangezogen.

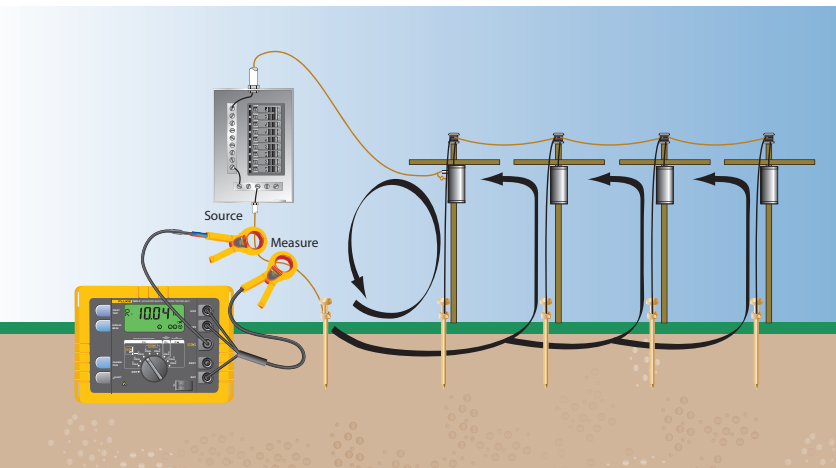
Zur Ermittlung des Gesamtwiderstandes des Erdungssystems muss der Widerstand der Erder gemessen werden, indem um jeden einzelnen Erder eine Zange gelegt wird. Der Gesamtwiderstand des Erdungssystems kann dann berechnet werden.

Die Widerstandsprüfung einzelner Erder von Hochspannungsmasten mit hoch angebrachten Erdungsleitern erfordern eine Trennung dieser Leitungen. Ist der Mast mehrfach geerdet, so müssen alle Leitungen einzeln getrennt und geprüft werden. Allerdings wird als optionales Zubehörteil für das Messgerät Fluke 1625-2 ein anklammerbarer Stromwandler mit 320 mm Durchmesser angeboten, der die Einzelwiderstände an den jeweiligen Beinen des Masts messen kann, ohne die Erdungsleiter oder die Masse-Freileitungen zu trennen.

Schließen Sie das Erdungsmessgerät wie abgebildet an. Drücken Sie auf START und lesen Sie den Wert von R_E ab. Dies ist der tatsächliche Widerstandswert des geprüften Erders.



Welche Verfahren der Erdungsmessung gibt es?



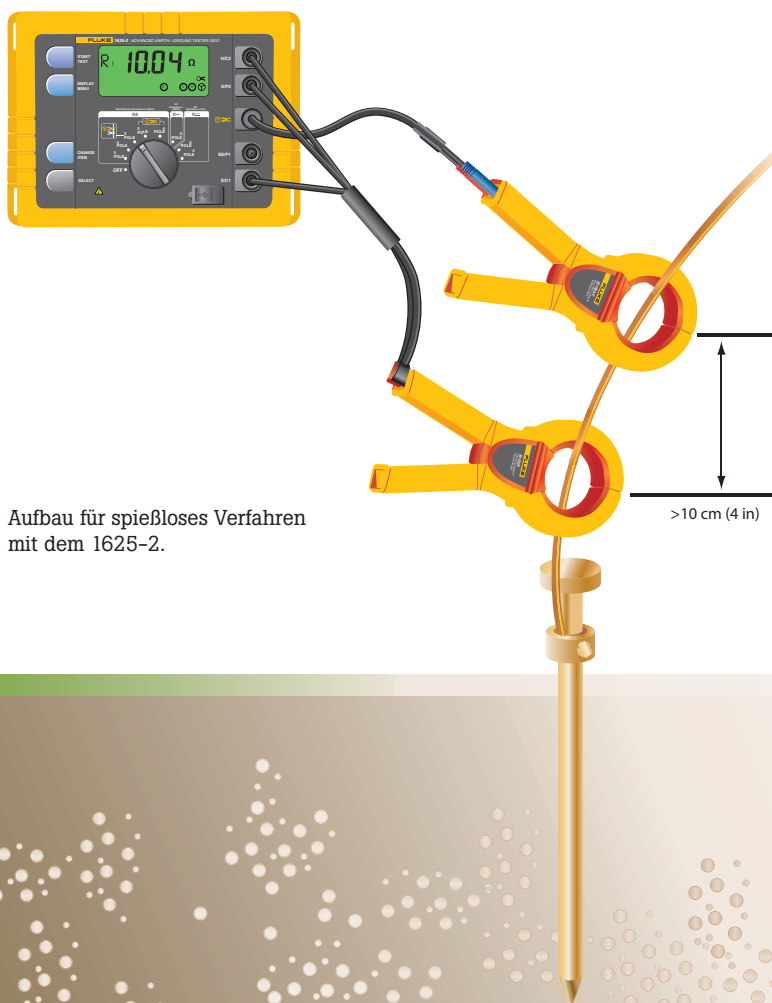
Prüfstrompfade beim spießlosen Verfahren.

Spießlose Messung

Das Erdungsmessgerät Fluke 1625-2 ist in der Lage, Erdschleifenwiderstände von mehrfach geerdeten Systemen nur mit Stromzangen zu messen. Bei diesem Verfahren kann die gefährliche und zeitraubende Aufgabe, die parallelen Erdungen zu trennen, ebenso entfallen wie die Suche nach geeigneten Positionen für Zusatzerdspieße. Sie können auch Erdungsmessungen innerhalb von Gebäuden, auf Strommasten und überall dort vornehmen, wo kein Zugang zum Erdreich möglich ist.

Bei diesem Messverfahren werden zwei Zangen um den Erder oder das Verbindungskabel gelegt und mit dem Messgerät verbunden. Es werden keine Erdspeße verwendet. An einer Zange wird eine bekannte Spannung induziert, an der anderen wird der Strom gemessen. Der Erdungsmesser bestimmt den Masse Schleifenwiderstand an diesem Erdstab automatisch. Wenn nur ein Massepfad existiert, wie dies in vielen Wohnhäusern der Fall ist, erbringt das spießlose Verfahren keinen annehmbaren Wert. In diesem Fall muss die Prüfung mittels des Spannungsfallverfahrens erfolgen.

Die Funktion des Fluke 1625-2 beruht auf dem Prinzip, dass bei parallelen bzw. mehrfach geerdeten Systemen der Netz Widerstand aller Massepfade im Vergleich zu den einzelnen (gemessenen) Pfaden sehr gering ist. Für den Netz Widerstand aller parallelen Rückleitungswiderstände lässt sich demnach der effektive Wert Null annehmen. Bei der spießlosen Messung wird also nur der Widerstand einzelner Erdungsstäbe parallel zum Erdungssystem gemessen. Ist das Erdungssystem nicht parallel zur Erde, haben Sie entweder einen offenen Stromkreis oder Sie messen den Erdschleifenwiderstand.



Aufbau für spießloses Verfahren mit dem 1625-2.

Erdimpedanzmessungen

Wenn Sie die möglichen Kurzschlussströme von Kraftwerken und anderen Hochspannungs- bzw. Hochstromanlagen ermitteln wollen, ist die Bestimmung der komplexen Erdimpedanz von Bedeutung. Diese setzt sich aus induktiven und kapazitiven Elementen zusammen. Da Induktivität und spezifische Widerstände in den meisten Fällen bekannt sind, lässt sich die tatsächliche Impedanz durch eine komplexe Berechnung ermitteln.

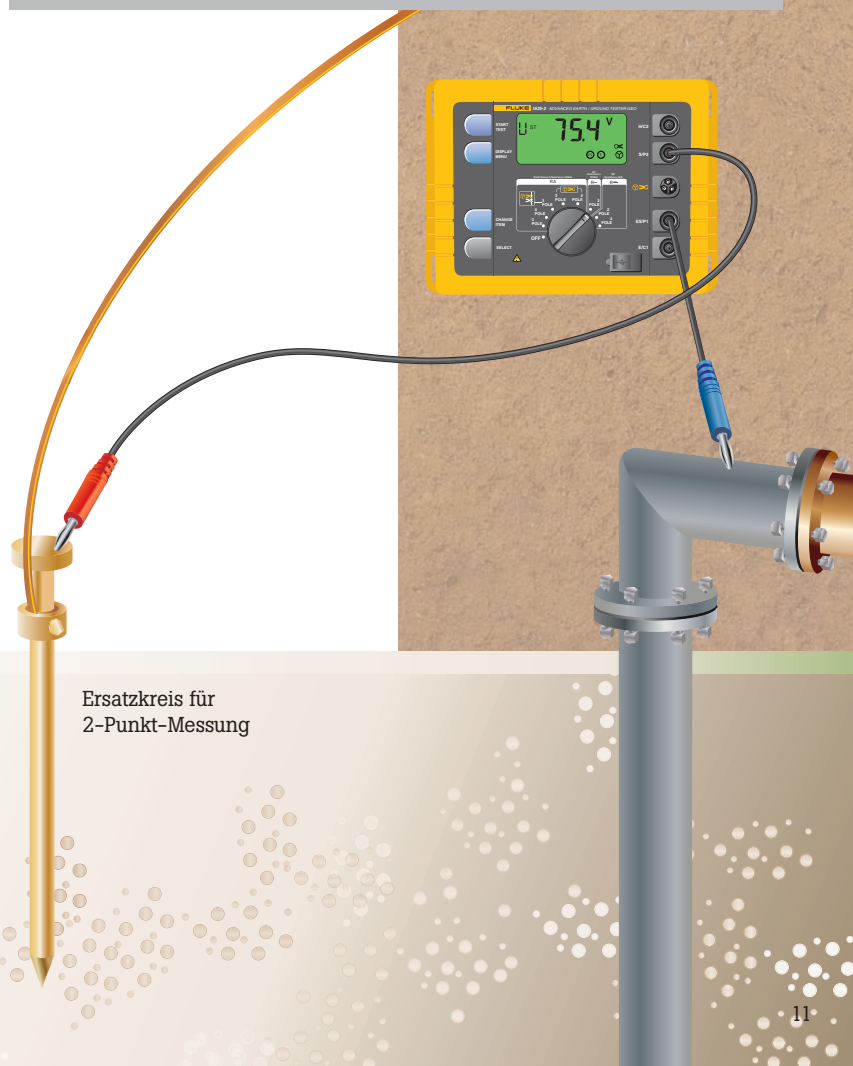
Da die Impedanz frequenzabhängig ist, verwendet das Messgerät Fluke 1625-2 ein 55-Hz-Signal zur Berechnung, das der normalen Betriebsspannung möglichst stark ähnelt. Dies gewährleistet, dass die Messung dem Wert der tatsächlichen Betriebsfrequenz weitgehend entspricht. Mit dieser Funktion des Fluke 1625-2 ist eine genaue direkte Messung der Erdungsimpedanz möglich.

Techniker von Versorgungsunternehmen, die Übertragungsleitungen prüfen, sind an zwei Dingen interessiert: dem Erdwiderstand für den Fall eines Blitzschlags und der Impedanz des Gesamtsystems für den Fall eines Kurzschlusses an einer bestimmten Stelle in der Leitung. Ein Kurzschluss bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich eine spannungsführende Leitung löst und die Metallstreben des Masts berührt.

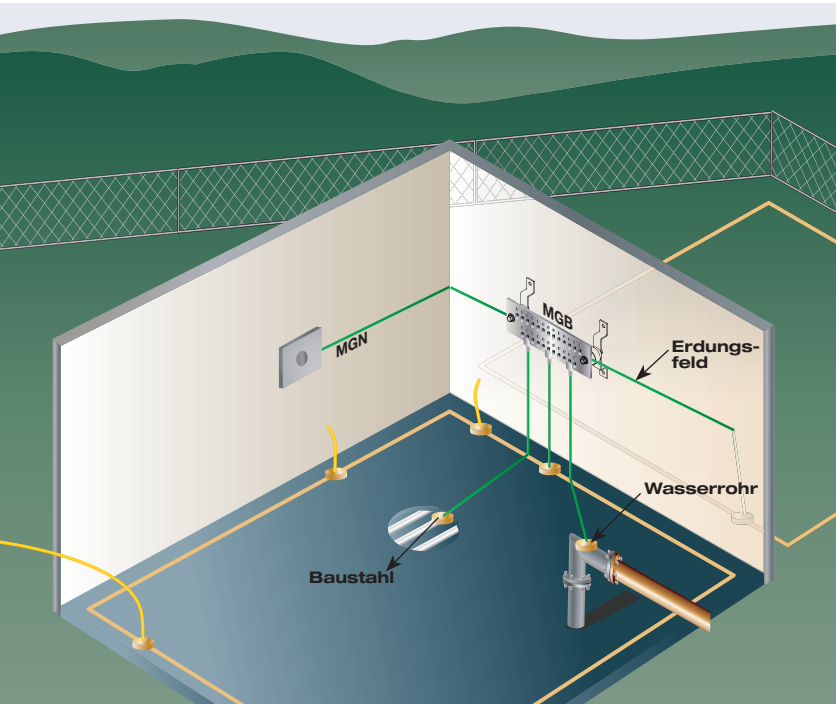
2-polige Messung des Erdwiderstands

Wenn das Eintreiben von Erdspeisen nicht zielführend oder unmöglich ist, haben Sie mit den Messgeräten Fluke 1623-2 und 1625-2 die Möglichkeit, 2-polige Erdwiderstands- und Durchgangsmessungen durchzuführen – siehe unten.

Um diese Messungen durchzuführen, benötigt der Techniker Zugang zu bekannt guter Erde, bspw. zu einem Wasserleitungsrohr. Dieses sollte groß genug sein, aus Metall und keine isolierenden Anschlüsse, Verbindungen oder Flansche aufweisen. Im Gegensatz zu vielen anderen Messgeräten führen die Geräte Fluke 1623-2 und 1625-2 diese Messung mit einem relativ hohen Strom (Kurzschlussstrom > 250 mA) durch, um stabile Ergebnisse zu gewährleisten.



Messung des Erdwiderstands



Grundstruktur einer typischen Zentrale.

In Zentralstellen

Bei der Erdungsprüfung in Zentralen sind drei verschiedene Messungen erforderlich.

Vor dem Messen müssen Sie feststellen, wo sich die Haupterdungsschiene (MGB) der Zentrale befindet, um zu ermitteln, welche Art von Erdungssystem vorliegt. Wie auf dieser Seite zu sehen ist, gehen von der Haupterdungsschiene Erdungskabel ab, und zwar an:

- Mehrfach geerdete Neutralleiter (MGN) oder ankommende Dienste
- Erdungsfeld
- Wasserleitung, sowie
- Fundamenteerde

Als Erstes führen Sie eine spießlose Überprüfung an jeder einzelnen Erdung durch, die von der Haupterdungsschiene abgeht. Dadurch wird festgestellt, ob alle Erdungen verbunden sind, vor allem der mehrfach geerdete Neutralleiter. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass Sie nicht die einzelnen Widerstände messen, sondern den Schleifenwiderstand, um den Sie die Zangen angebracht haben. Wie in Abbildung 1 dargestellt, verbinden Sie das Messgerät Fluke 1625-2 oder 1623-2 und die induzierende sowie die messende Zange, die um jede Verbindung geklemmt werden, um den Schleifenwiderstand des mehrfach geerdeten Neutralleiters, des Erdungsfelds, der Wasserleitung und des Fundamenteerders zu messen.

Anschließend führen Sie eine 3-polige Messung mittels des Spannungsfallverfahrens am gesamten Erdungssystem durch und verbinden die Haupterdungsschiene wie in Abbildung 2 dargestellt. Um eine Fernerkundung der Erde durchzuführen, verwenden viele Telefongesellschaften unbenutzte Kabelpaare, die bis zu einer Meile (1,6 km) lang sind. Notieren Sie den Messwert und wiederholen Sie diesen Test mindestens einmal jährlich.

Abschließend messen Sie die einzelnen Widerstände des Erdungssystems mit der „selektiven“ Messung des Fluke 1625-2 oder 1623-2. Verbinden Sie das Fluke Messgerät wie in Abbildung 3 dargestellt. Messen Sie den Widerstand des mehrfach geerdeten Neutralleiters; dieser Wert steht für diesen speziellen Abschnitt der Haupterdungsschiene. Dann messen Sie das Erdungsfeld. Diese Messung stellt den tatsächlichen Widerstandswert des Erdungsfelds der Zentrale dar. Fahren Sie jetzt mit der Wasserleitung fort, und wiederholen Sie den Vorgang für die Widerstandsermittlung des Fundamenteerders. Sie können die Genauigkeit problemlos mithilfe des Ohmschen Gesetzes überprüfen. Der errechnete Widerstand eines bestimmten Abschnitts sollte gleich dem Widerstand des Gesamtsystems sein (kleine Abweichungen sind normal, da evtl. nicht alle Bodenelemente gemessen werden).

Diese Messungen stellen die genauesten Verfahren für Zentralen dar, da die einzelnen Widerstandswerte sowie deren tatsächliches Verhalten im Erdungssystem angezeigt werden. Obwohl dies sehr genau ist, zeigen die Messungen nicht, wie sich das System als Netzwerk verhält, da im Fall eines Blitzschlags oder eines Fehlerstroms alles verbunden ist.

Um dies zu prüfen, müssen weitere Messungen der einzelnen Widerstände durchgeführt werden.

Führen Sie zunächst eine 3-polige Messung mittels des Spannungsfallverfahrens für jeden Einzelabschnitt getrennt von der Haupterdungsschiene durch und notieren Sie die Ergebnisse. Diese Messwerte sollten gemäß dem Ohmschen Gesetz gleich dem Widerstand des Gesamtsystems sein. Aus den Berechnungen dürfte hervorgehen, dass Sie 20 % bis 30 % vom gesamten Widerstand (R_E -Wert) abweichen.

Schließlich messen Sie die Widerstände der einzelnen Abschnitte der Haupterdungsschiene mittels des Selektiven Spießlosverfahrens. Es funktioniert ebenso wie das Spießlosverfahren, unterscheidet sich jedoch in der Art und Weise, wie die beiden separaten Strommesszangen verwendet werden. Wir platzieren die Stromzange für induzierte Spannung um das Kabel, das zur Haupterdungsschiene führt, und da die Haupterdungsschiene mit der Einspeisung verbunden ist, die parallel zum Erdungssystem angeschlossen ist, haben wir diese Anforderung erfüllt. Die Messzange wird um das Erdungskabel, das zum Erdungsfeld führt, platziert. Wenn der Widerstand gemessen wird, wird der tatsächliche Widerstand des Erdungsfelds gemessen sowie zusätzlich der parallele Pfad der Haupterdungsschiene. Da dieser Wert besonders niederohmig ausfallen sollte, sollte er keinen wirklichen Einfluss auf das Messergebnis haben. Dieser Vorgang kann nun für alle Einzelabschnitte der Erdungsschiene durchgeführt werden, d. h. Wasserleitung und Fundamente der Erde.

Um die Haupterdungsschiene mittels des Selektiven Spießlosverfahrens zu messen, platzieren Sie die Stromzange für induzierte Spannung um den Leiter zur Wasserleitung (da die Kupferwasserleitung sehr niederohmig sein sollte). Das Messergebnis ist nur der Widerstand des mehrfach geerdeten Neutralleiters.

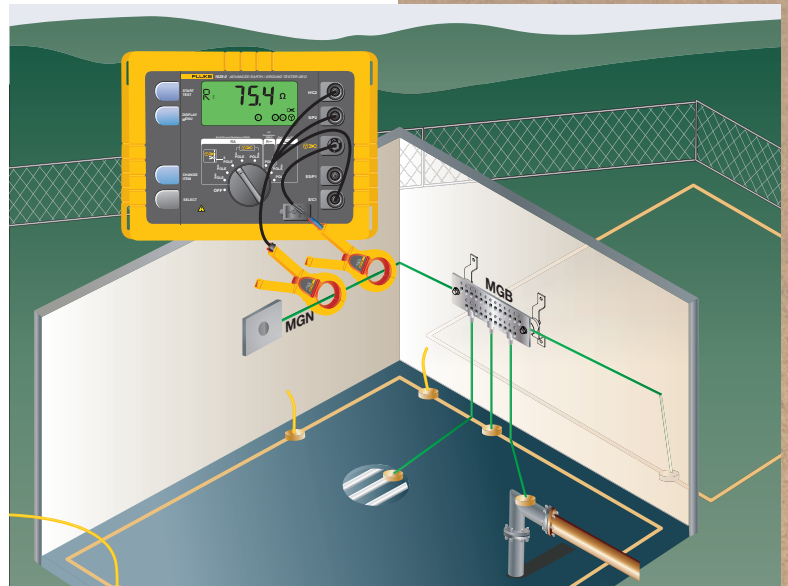


Abbildung 1: Spießlose Messung in einer Zentralstelle.

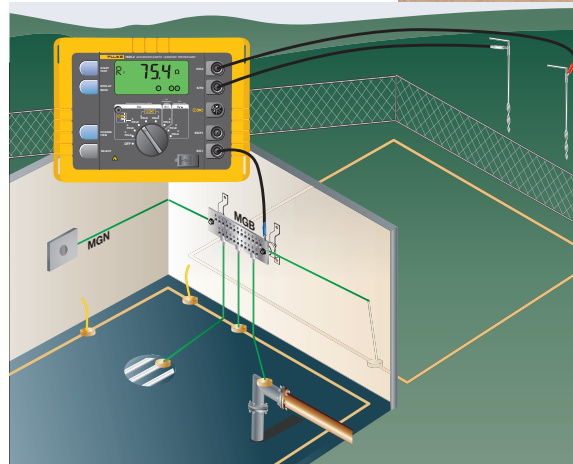


Abbildung 2: Durchführung der 3-poligen Spannungsfallmessung für das gesamte Erdungssystem.

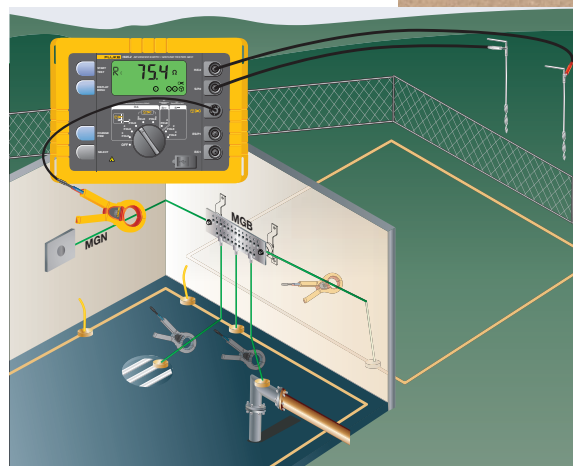
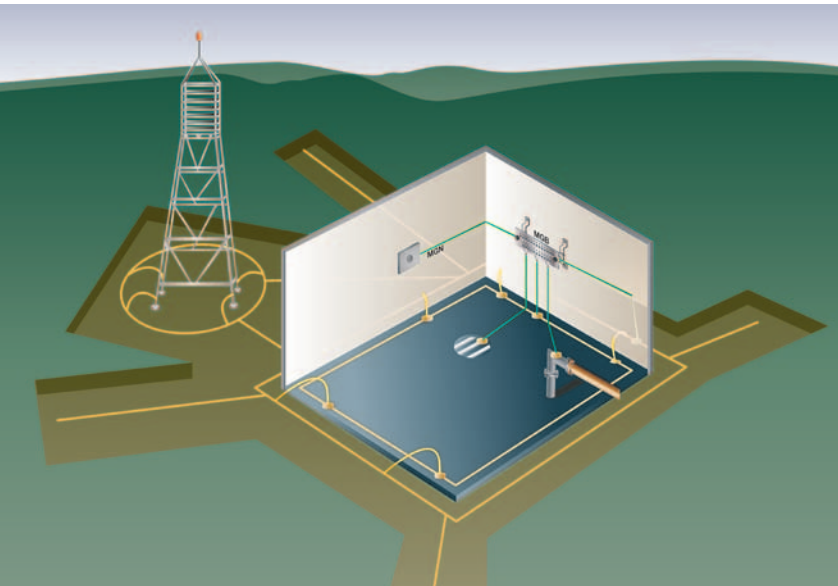


Abbildung 3: Messung der Einzelwiderstände des Erdungssystems mit dem selektiven Messverfahren.

Weitere Anwendungen zum Erdungswiderstand



Typischer Aufbau an einem Mobilfunk-Sendemast.

Einsatzorte

Es gibt vier weitere spezielle Anwendungen, für die Sie das Messgerät Fluke 1625-2 verwenden können, um die Leistungsfähigkeit des Schutzerdungssystems zu messen.

Mobilfunk-, UKW- und Funk-Sendemasten

In den meisten Fällen handelt es sich um Masten mit vier Beinen, wobei jedes Bein einzeln geerdet wird. Diese Erdungen werden dann über Kupferkabel miteinander verbunden. Neben dem Mast befindet sich das Mobilfunkgebäude, in dem die gesamte Übertragungstechnik untergebracht ist. Innerhalb des Gebäudes befindet sich ein zusätzlicher Erdungsring, der wie eine Haloantenne aufgebaut und mit der Haupterdungsschiene verbunden ist. Das Mobilfunkgebäude ist an allen vier Ecken geerdet und mit der Haupterdungsschiene über ein Kupferkabel verbunden. Die vier Ecken sind ebenfalls über ein Kupferkabel miteinander verbunden. Es gibt weiterhin eine Verbindung zum Erdungsring des Gebäudes wie auch zum Erdungsring des Masts.

Umspannwerke

Ein Umspannwerk ist eine untergeordnete Station eines Übertragungs- und Verteilungssystems, in der die Spannung in der Regel von einem hohen in einen niedrigeren Wert transformiert wird. Ein typisches Umspannwerk besteht aus Leitungsabschlussteilen, einer Hochspannungsschaltanlage, einem oder mehreren Leistungstransformatoren, Niederspannungsschaltanlagen, einem Überspannungsschutz sowie aus Steuerungen und Messeinrichtungen.

Fernumschaltanlagen

In Fernumschaltanlagen werden digitale Leitungskonzentratoren und andere Telekommunikationsgeräte betrieben. Die Fernumschaltanlage ist gewöhnlich an beiden Enden des Schaltschranks geerdet sowie durch eine Reihe von Erdungsspießen um den Schaltschrank herum, die durch Kupferkabel miteinander verbunden sind.

Blitzschutz an gewerblichen und industriellen Standorten

Die meisten Blitzfehlerstrom-Schutzsysteme sind an allen vier Ecken des Gebäudes geerdet, die in der Regel durch Kupferkabel miteinander verbunden sind. Abhängig von der Größe des Gebäudes und dem Widerstandswert, der gemäß Planung erzielt werden sollte, kann die Anzahl der Erdungsstäbe variieren.

Empfohlene Messungen

Endanwender werden gebeten, bei jeder Anwendung die gleichen drei Messungen durchzuführen: Spießlose Messung, 3-polige Messung mittels des Spannungsabfallverfahrens und Selektive Messung.

Spießlose Messung

Führen Sie zunächst eine spießlose Messung an folgenden Stellen durch:

- An den einzelnen Beinen des Masts und den vier Ecken des Gebäudes
(Mobilfunkstandort/-mast)
- An allen Erdungsverbindungen
(Umspannwerke)
- An allen Leitungen, die zur Fernumschaltanlage führen
(Fernumschaltung)
- An allen Erdungsspießen des Gebäudes
(Blitzschutz)

Für alle Anwendungen gilt, dass es sich aufgrund des Netzwerkbodens nicht um eine echte Erdungswiderstandsmessung handelt. Es handelt sich dabei in der Hauptsache um eine Durchgangsprüfung, um festzustellen, ob der Standort geerdet ist, ob eine elektrische Verbindung vorhanden ist und ob das System Strom führen kann.

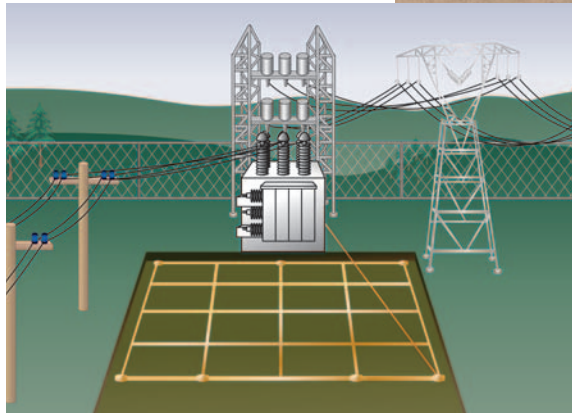
3-polige Messung mittels des Spannungsfallverfahrens

Anschließend messen wir den Widerstand des Gesamtsystems durch die 3-polige Messung mittels des Spannungsfallverfahrens. Beachten Sie die Regeln für das Einsetzen der Spieße. Die erzielten Messwerte sollten notiert und die Messungen mindestens zweimal pro Jahr durchgeführt werden. Diese Messung ergibt den Widerstandswert für den gesamten Standort.

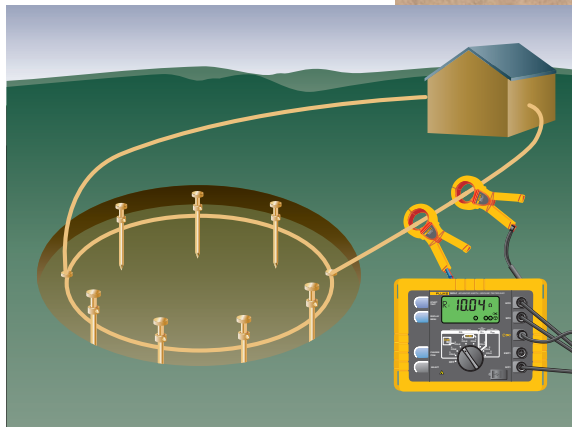
Selektive Messung

Abschließend überprüfen wir die einzelnen Erdungen mithilfe der selektiven Messung. Dadurch wird die Integrität der einzelnen Erdungen und ihrer Verbindungen überprüft. Außerdem wird festgestellt, ob das Erdungspotenzial insgesamt hinreichend einheitlich ist. Sollte eine der Messungen eine größere Abweichung aufweisen als die anderen, muss die Ursache hierfür ermittelt werden. Der Widerstand sollte an folgenden Stellen gemessen werden:

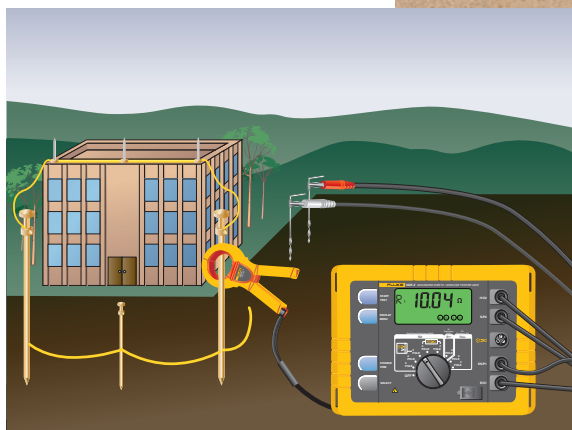
- An den einzelnen Beinen des Masts und den vier Ecken des Gebäudes (Mobilfunkstandort/-mast)
- An den einzelnen Erdungsstäben und ihren Verbindungen (Umspannwerke)
- An beiden Enden der Fernumschaltanlage (Fernumschaltung)
- An alle vier Ecken des Gebäudes (Blitzschutz)



Typischer Aufbau eines Umspannwerks.



Einsatz des spießlosen Verfahrens in einer Fernumschaltanlage.



Einsatz des selektiven Verfahrens bei einem Blitzschutzsystem.

Produkte zur Erdungsmessung



Erweitertes GEO Erdungsmessgerät Fluke 1625-2

Einfaches GEO Erdungsmessgerät Fluke 1623-2

Die Geräte mit dem größten Funktionsumfang

Fluke 1623-2 und 1625-2 sind Erdungsmesser, die alle vier Arten der Erdungsmessung ausführen können:

- 3- und 4-poliges Spannungsabfallverfahren (mit Erdspeissen)
- 4-polige Erdwiderstandsmessung (mit Erdspeissen)
- Selektive Messung (mit einer Zange und Speissen)
- Spießlose Messung (nur mit zwei Zangen)

Das Komplettsset enthält die Fluke Messgeräte 1623-2 bzw. 1625-2, einen Satz mit zwei Messleitungen, 4 Erdspeisse, 3 Kabelrollen mit Kabeln, 2 Stromzangen, Akkus und ein Handbuch. Alle Komponenten sind im robusten Fluke Tragekoffer untergebracht.

Zusatzausstattung des Fluke 1625-2

Zu den besonderen Ausstattungsmerkmalen des Fluke 1625-2 zählen:

- **Automatische Frequenzregelung (AFC):** identifiziert eine vorhandene Interferenz und wählt eine geeignete Messfrequenz aus, um den Einfluss der Interferenz zu minimieren und präzisere Messwerte des Erdwiderstands zu erzielen
- **R*-Messung:** berechnet die Erdimpedanz bei 55 Hz, um eine präzisere Angabe des Erdwiderstands bei einem Erdungsfehler zu ermöglichen
- **Einstellbare Grenzwerte:** für schnellere Messabläufe

Optionales Zubehör

Zweiteiliger Stromwandler mit 320 mm Durchmesser zur Durchführung selektiver Messungen an einzelnen Beinen von Masten.

Die Erdungsmessgeräte im Vergleich

Produkt	Spannungsfallverfahren		Selektiv	Spießlos	2-poliges Verfahren
	3-polig	4-polig/Erde			
Fluke 1621					
Fluke 1623-2					
Fluke 1625-2					
Fluke 1630					



Das Komplettsset



Set Fluke 1630

Fluke. Die vertrauenswürdigen Werkzeuge der Welt.

Fluke Deutschland GmbH
In den Engematten 14
79286 Glottertal
Telefon: (069) 2 22 22 02 00
Telefax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl
Web: www.fluke.de

Beratung zu Produkteigenschaften und Spezifikationen:
Telefon: (07684) 8 00 95 45

Beratung zu Anwendungen, Software und Normen:
Telefon: 0900 1 35 85 33
(€ 0,99 pro Minute aus dem deutschen Festnetz, zzgl. MwSt., Mobilfunkgebühren können abweichen)
E-Mail: hotline@fluke.com

Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.
Liebermannstraße F01
A-2345 Brunn am Gebirge
Telefon: (01) 928 95 00
Telefax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl
Web: www.fluke.at

Fluke (Switzerland) GmbH
Industrial Division
Hardstrasse 20
CH-8303 Bassersdorf
Telefon: 044 580 75 00
Telefax: 044 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.nl
Web: www.fluke.ch

©2013 Fluke Corporation.
Alle Rechte vorbehalten. Änderungen vorbehalten.
12/2013 Pub_ID: 12091-ger
Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.