

Leitfaden zur Erdungsprüfung





Die Erdungsmessung

Bei jeder Elektroinstallation, ob im Wohn-, Industrie- oder gewerblichen Bereich, ist ein ordnungsgemäßer Erdanschluss die Grundvoraussetzung für den sicheren Betrieb der Anlage. Eine ungeerdete Elektroanlage birgt erhebliche Gefahren für die Benutzer und kann zu großen materiellen Schäden führen. Die alleinige Einrichtung einer Erdung ist allerdings noch keine Garantie für Sicherheit: nur durch regelmäßige Kontrollen der Erdung lässt sich die sichere Benutzung einer Elektroinstallation gewährleisten.

Je nach Netztyp (IT, TT, TN), je nach Art der Elektroinstallation (Wohn-/Industriebereich, städtisches/ländliches Umfeld) und je nach Art der Sicherheitsabschaltung gibt es unterschiedliche Verfahren für die Erdungsprüfung und -messung.

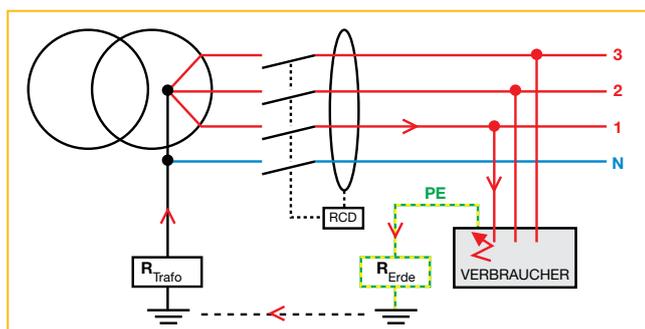
Wozu braucht man eine Erdung?

Eine Erdung besteht darin, eine elektrische Verbindung zwischen der Erde als solcher und einem Punkt eines Netzes, einer Elektroinstallation oder einem elektrischen Verbraucher herzustellen. Als "Erde" bezeichnet man einen Leiter, der in der Erde oder in einem elektrisch leitenden Material verlegt ist und den elektrischen Kontakt zur Erde herstellt.

Über den Schutzleiter im Anschlusskabel, die geerdete Steckdose und die Erdung der Elektro-Installation sind somit die Metallteile eines elektrischen Geräts, die bei Isolationsfehlern unter Spannung stehen könnten, mit der Erde verbunden. Der Fehlerstrom birgt also keine Gefahren für die Benutzer des Geräts, da er über die Erde abfließen kann. Ohne Erdung würde sich eine Spannung aufbauen, die je nach Höhe eine tödliche Gefahr für die Benutzer darstellen könnte.

Durch die Erdung können also Fehlerströme gefahrlos zur Erde abfließen und in Verbindung mit einer automatischen Schutzeinrichtung wird der betreffende Stromkreis der Anlage abgeschaltet. Eine gute Erdung gewährleistet folglich die Sicherheit der Personen, aber auch von Gütern und Anlagen im Falle von Fehlerströmen oder Blitzeinschlägen. Dazu muss jede Erdung auch mit einer Abschaltvorrichtung verbunden sein.

Beispiel: Im Falle eines Isolationsfehlers im Verbraucher fließt der Fehlerstrom über den Schutzleiter (PE) zur Erde ab. Je nach seiner Stärke löst der Fehlerstrom durch Ansprechen des Fehlerstromschutzschalters (FI-Schalter oder RCD) die Abschaltung der Anlage aus.



Wie groß darf der Erdungswiderstand sein?

Vor der Durchführung einer Erdungsmessung sollte man natürlich wissen, wie groß der gemessene Erdungswiderstand sein darf, um noch von einer "ordnungsgemäßen Erdung" sprechen zu können.

Je nach Land, Netztyp oder Anlagentyp gelten hierfür unterschiedliche Regeln. Die Energieversorger schreiben üblicherweise einen sehr geringen Erdungswiderstand von nur einigen Ohm vor. Es ist daher wichtig, sich über die für die zu prüfende Anlage geltenden Normen und Vorschriften zu informieren.

Nehmen wir als Beispiel eine Wohnungs-Elektroinstallation im TT-System:

Um die Sicherheit der Personen zu garantieren, müssen die Schutzeinrichtungen ansprechen, sobald die in der Anlage auftretende "Fehlerspannung" oder "Berührungsspannung" einen bestimmten für den menschlichen Körper noch zulässigen Wert übersteigt. Die Untersuchungen von aus Ärzten und Sicherheitsexperten zusammengesetzten Arbeitsgruppen haben zur Festlegung einer zulässigen dauernden Berührungsspannung von 50 V AC in trockenen Räumen geführt (in Nass- oder Feuchträumen kann dieser Grenzwert niedriger sein).

Außerdem gilt im Allgemeinen für Elektroinstallationen im Wohnbereich, dass der an die Erdung angeschlossene Fehlerstromschutzschalter (RCD) eine Fehlerstromstärke von 500 mA akzeptiert.

Nach dem ohm'schen Gesetz: $U = RI$

lässt sich berechnen: $R = 50 \text{ V} / 0,5 \text{ A} = 100 \Omega$

Der Erdungswiderstand muss folglich geringer als 100 Ω sein, wenn die Sicherheit der Personen und der Anlage gewährleistet sein soll.

Die Rechnung zeigt, dass dieser Wert entscheidend vom sog. Bemessungsstrom des FI-Schutzschalters (RCD) des jeweiligen Stromkreises abhängt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Zusammenhang zwischen Bemessungsstrom und zulässigem Erdungswiderstand:

Maximaler Erdungswiderstand in Abhängigkeit vom Bemessungsstrom des RCD (TT-Netztyp)

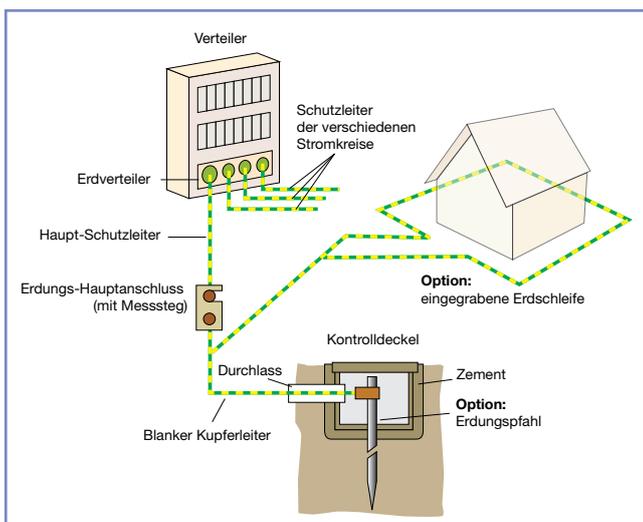
	Max. Bemessungsstrom ($I_{\Delta n}$) des RCD	Max. Erdungswiderstand (Ohm)
Geringe Empfindlichkeit	20 A	2,5
	10 A	5
	5 A	10
	3 A	17
Mittlere Empfindlichkeit	1 A	50
	500 mA	100
	300 mA	167
	100 mA	500
Hohe Empfindlichkeit	$\leq 30 \text{ mA}$	> 500

Woraus setzt sich eine Erdung zusammen?

Die Erdung

Je nach Land, Gebäudetyp, Normen und Vorschriften gibt es verschiedene Möglichkeiten, eine Erdung herzustellen:

- eingegrabene Erdschleife
- Fundamenterdung
- Plattenerdung
- Erdung durch Pfähle, Rohre
- Erdung durch Bänder, Drähte usw...

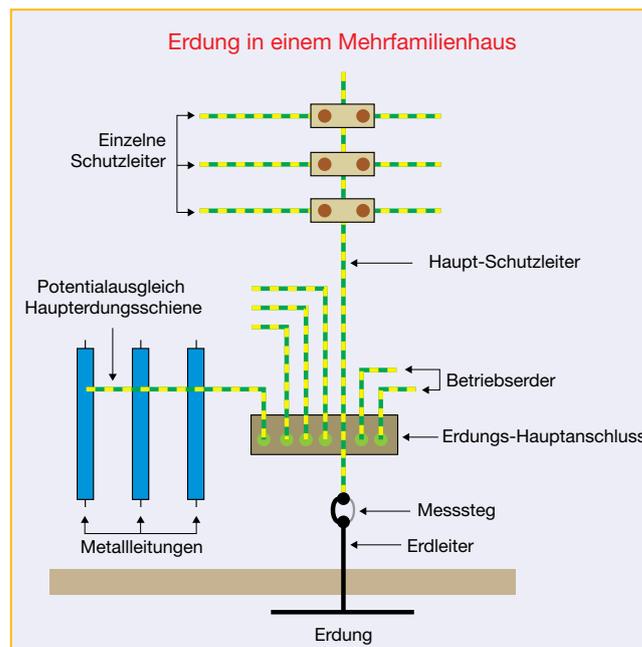


Bei jeder dieser Erdungsarten ist ihre Funktion eine gute, elektrisch leitende Verbindung zur Erde herzustellen, damit die Fehlerströme in sie abfließen können. Eine ordnungsgemäße Erdung hängt damit insbesondere von den folgenden Faktoren ab:

- Art der Erdung
- Durchgängigkeit des Erdungsleiters
- Art und Leitfähigkeit des Bodens. Daher ist es wichtig, den spezifischen Erdwiderstand zu messen, bevor eine Erdung eingerichtet wird.

Weitere Bestandteile

Nachdem die Erdung eingerichtet wurde, erfolgt der Aufbau der gesamten Erdung des Gebäudes. Diese Erdung besteht meistens aus den folgenden Teilen: dem Erdleiter, dem Erdungs-Hauptanschluss (Erder-Schiene), ggf. mit Messstegen, dem Schutzleiter, der Haupterdungsschiene und dem zusätzlichen Potentialausgleich.



Der spezifische Erdwiderstand

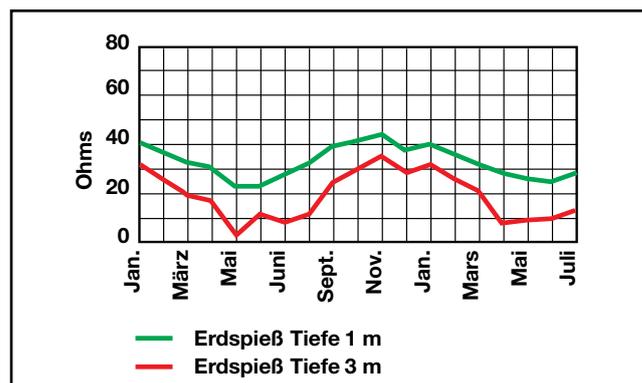
Der spezifische Erdwiderstand (ρ) eines Bodens wird in Ohmmeter ($\Omega \cdot m$) angegeben. Dies entspricht dem theoretischen elektrischen Widerstand eines Zylinders aus diesem Boden mit 1 m^2 Querschnitt und mit 1 m Länge. Diese elektrische Leitfähigkeit des Bodens ist natürlich ausschlaggebend für den Erdungswiderstand, der umso niedriger ist, je besser der Boden leitet.

Je nach Geländeart und Landschaft kann der spezifische Erdwiderstand sehr unterschiedlich sein. Auch die Temperatur und die Feuchtigkeit spielen eine große Rolle: bei Frost oder Trockenheit wird der Widerstand größer. Daher ändert sich der spezifische Erdwiderstand je nach Jahreszeit und den Wetterbedingungen.

Da sich allerdings die Feuchte und die Temperatur in größerer Tiefe nicht mehr so stark ändern, schwankt dort auch der Wert für den spezifischen Erdwiderstand weniger.

Es empfiehlt sich daher, eine Erdung immer so tief wie irgend möglich einzugraben.

Jahreszeitliche Schwankungen des spez. Erdwiderstands
(Erdung befindet sich in einem lehmigen Boden)



Spez. Erdwiderstand unterschiedlicher Böden

Bodenart	Spez. Widerstand in $\Omega \cdot m$
Moorige Böden	Einige wenige bis 30
Lehm	20 bis 100
Humus	10 bis 150
Jura-Mergel	30 bis 40
Tonsand	50 bis 500
Quarzsand	200 bis 3000
Steinige Erde, unbewachsen	1500 bis 3000
Steinige Erde mit Rasen	300 bis 500
Weicher Kalkstein	100 bis 300
Rissiger Kalkstein	500 bis 1000
Glimmerschiefer	800
Granit und Sandstein (im Verfall)	1500 bis 10000
Granit und Sandstein (sehr verfallen)	100 bis 600

Zweck der spez. Erdwiderstandsmessung

Die Messung des spez. Erdwiderstands eröffnet folgende Möglichkeiten:

- die bestmögliche Lage und Art der Erdung vor den Bauarbeiten herauszufinden
- die erforderlichen elektrischen Eigenschaften der Erdung abzuschätzen
- die Kosten und den Zeitaufwand für die baulichen Maßnahmen einer Erdung zu optimieren.

Eine Messung des spezifischen Erdwiderstands empfiehlt sich bei Baugrundstücken oder bei gewerblichen Bauten größeren Ausmaßes und vor allem bei elektrischen Verteilerstationen, also in Fällen, wo es wichtig ist, jeweils den bestgeeigneten Standort für die Erdung zu finden.

Messverfahren des spez. Erdwiderstands

Für die Messung des spezifischen Erdwiderstands werden verschiedene Methoden benutzt. Am häufigsten wird die Methode mit "vier Hilferdern" eingesetzt, die ihrerseits nach zwei unterschiedlichen Verfahren ablaufen kann:

- dem **Wenner-Verfahren**, das besonders für Messungen in einer einzigen Tiefenschicht eingesetzt wird.
- dem **Schlumberger-Verfahren**, das Messungen in unterschiedlichen Tiefenschichten vornehmen kann und somit die Erstellung eines geologischen Schichtenprofils ermöglicht.

Das Wenner-Verfahren

Messprinzip

Dazu werden vier Hilferdern in einer geraden Linie jeweils im Abstand a in die Erde gesteckt.

Mit einer Stromquelle G speist man nun in die beiden äußeren Hilferdern E und H einen Strom I ein.

Dann wird mit einem Voltmeter das zwischen den beiden inneren Hilferdern S und ES anliegende Potenzial ΔV gemessen.

Zur Messung benutzt man ein klassisches Erdungsmessgerät, das den Messstrom I erzeugt und einspeist, und den Spannungsfall ΔV misst.

Der am Messgerät abgelesene Wert des Widerstands R ermöglicht nun die Berechnung des spez. Erdwiderstands ρ_w nach der vereinfachten Formel:

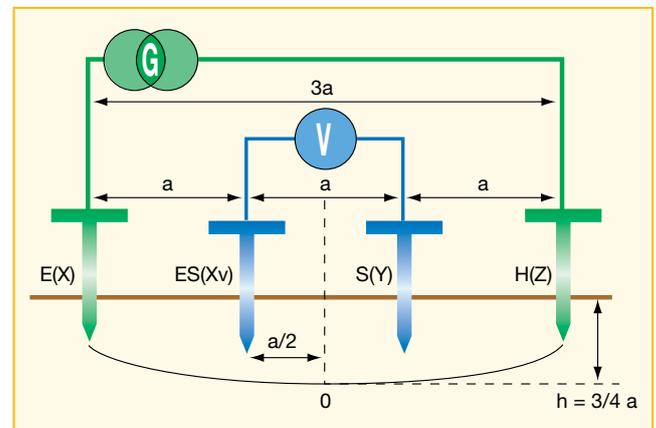
$$\rho_w = 2 \pi a R$$

Dabei ist:

ρ : spez. Erdwiderstand in Ωm am Punkt O im Boden und in einer Tiefe von $h = 3a/4$

a : Abstand zwischen den Hilferdern in m

R : am Messgerät abgelesener Widerstand in Ω



Hinweis: die Bezeichnungen in Klammern: X , X_v , Y und Z entsprechen den früher üblichen Bezeichnungen für die vier Hilferdern E , ES , S und H .

Das Schlumberger-Verfahren

Messprinzip

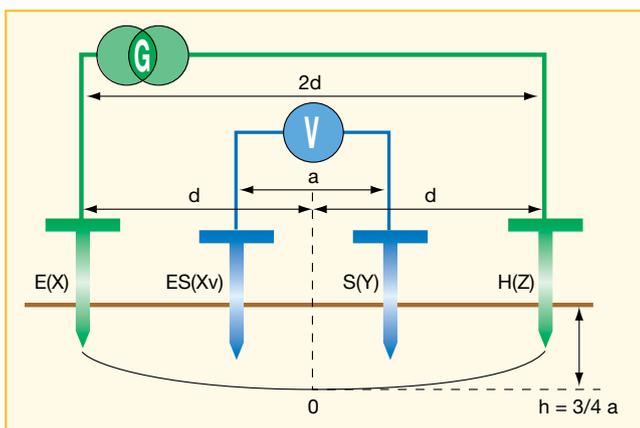
Das Schlumberger-Verfahren beruht auf demselben Messprinzip. Der einzige Unterschied besteht im Abstand zwischen den Hilferdern:

- der Abstand zwischen den beiden äußeren Hilferdern wird mit $2d$ bezeichnet,
- der Abstand zwischen den beiden inneren Hilferdern ist A

Der am Messgerät abgelesene Widerstand R geht nun wie folgt in die Berechnung des spez. Erdwiderstands ρ_s ein:

$$\rho_s = (\pi \cdot (d^2 - A^2/4) \cdot R_{S-ES}) / 4$$

Vor Ort ermöglicht dieses Verfahren erhebliche Zeitgewinne wenn man verschiedene Messungen vornehmen und ein Profil der Erdschichten erstellen will. Dazu müssen dann lediglich die beiden äußeren Elektroden versetzt werden und die beiden inneren können an Ort und Stelle bleiben, während beim Wenner-Verfahren immer alle 4 Hilferdern versetzt werden müssen.



Obwohl sich mit dem Schlumberger-Verfahren Zeit gewinnen lässt, ist das Wenner-Verfahren das bekanntere und am häufigsten verwendete; vielleicht weil die mathematische Formel zur Berechnung von ρ bei ihm viel einfacher ist. In vielen Erdungsmessgeräten von Chauvin Arnoux sind beide Verfahren mit ihren Berechnungsformeln eingebaut, so dass das Messergebnis für den spezifischen Erdwiderstand sofort und automatisch nach dem jeweils ausgewählten Verfahren angezeigt wird.

Messung des Widerstands an einer vorhandenen Erdung

Die verschiedenen Verfahren:

Die oben beschriebenen Verfahren zur Messung des spezifischen Erdwiderstands werden nur bei der Errichtung von neuen Erdungsanlagen verwendet. Mit ihnen kann man den mit einer Erdung erreichbaren Widerstand vorab abschätzen und die Anordnung der Erdung gegebenenfalls verändern, um den gewünschten Wert zu erreichen.

Bei einer vorhandenen Erdung muss man dagegen prüfen, ob sie die Sicherheitsvorschriften erfüllt und ob der Widerstandswert den Anforderungen entspricht.

Je nach Art der Anlage gibt es verschiedene Verfahren zur Messung des Erdungswiderstands, die sich danach richten, ob man die Anlage abschalten kann, ob man die Erdung für die Messung auftrennen kann, oder ob nur ein Erder vorhanden ist oder mehrere parallel geschaltet sind. Auch die gewünschte Messgenauigkeit und die Umgebung der Anlage (städtisch oder ländlich) spielen bei der Auswahl des Messverfahrens eine Rolle.

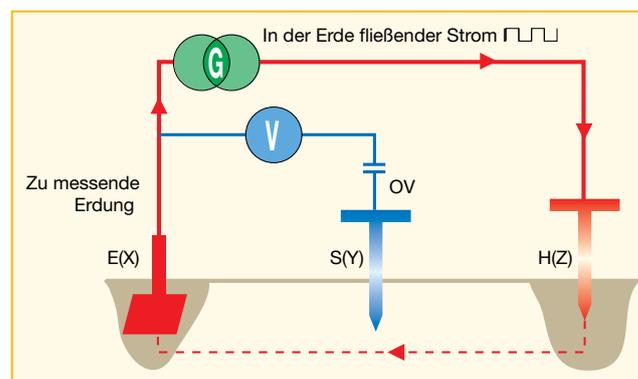
Erdungsmessungen an Anlagen mit einem einzigen Erder

Wichtig ist es daran zu erinnern, dass das in allen Normen und Vorschriften für elektrische Anlagen vorgeschriebene Bezugsmessverfahren für die Erdungsmessung das Verfahren mit zwei Hilfserdern ist. Nur mit ihm sind genaue und zuverlässige Messungen des Erdungswiderstands möglich.

Das Messprinzip bei diesem Verfahren besteht darin, mit einer geeigneten Stromquelle **G** einen konstanten Wechselstrom I über einen Hilfserder **H** in die Erde einzuspeisen, der über die zu messende Erdung **E** zurückfließt.

Man misst nun die Spannung **V** zwischen der Erdung **E** und einem zweiten Hilfserder **S**, den man auch als "Nullpotenzial-Erder" bezeichnet, da er das 0 V-Potenzial der Erde darstellt. Der Quotient aus der zwischen **E** und **S** gemessenen Spannung **U** und dem zwischen **E** und **H** eingespeisten Strom I liefert den Erdungswiderstand.

$$R_E = U_{ES} / I_{EH}$$

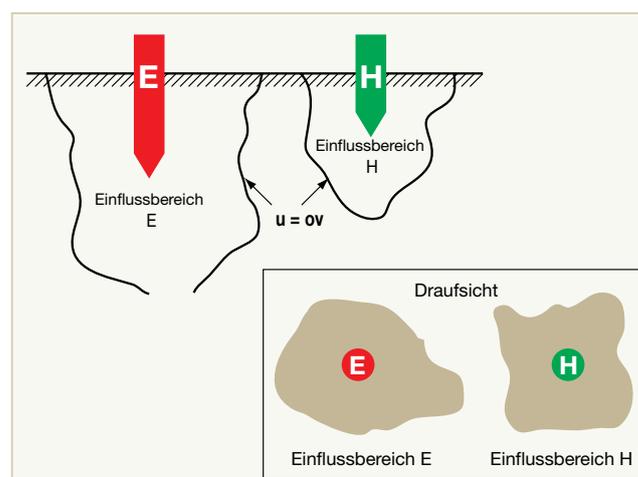


Wichtiger Hinweis:

Ein über die Erdung abfließender Fehlerstrom muss natürlich die zum Erdreich vorhandenen Kontaktwiderstände überwinden.

Je weiter man sich vom Erdungspunkt entfernt, umso mehr parallel geschaltete Kontaktwiderstände liegen vor, bis ihre Anzahl nach unendlich strebt und der Gesamtwiderstand quasi Null wird. In dieser Entfernung ist das Erdpotenzial Null, egal wie hoch der zur Erde abfließende Fehlerstrom ist. Um jeden Erder, über den Strom zur Erde fließt, bildet sich somit ein Einflussbereich, dessen Form und Größe unbekannt sind.

Bei den Messungen ist es wichtig, den "Nullpotenzial-Erder" **S** außerhalb des Einflussbereiches der vom Strom I durchflossenen Erder **H** oder **E** zu platzieren.



Da die Verteilung dieses Einflussbereiches im Boden vom spezifischen Erdwiderstand abhängt, ist es nicht einfach abzuschätzen, ob sich der Nullpotenzial-Erder **S** außerhalb eines Einflussbereiches befindet. Die beste Lösung besteht darin, den Erder **S** zu versetzen und eine erneute Messung vorzunehmen. Wenn sie denselben Wert liefert, ist die Messanordnung dann in Ordnung.

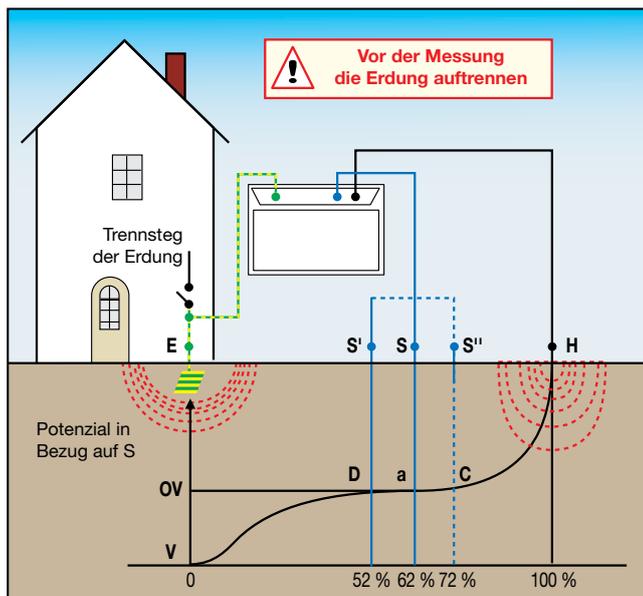
Dreipolige Erdungsmessung nach dem sog. 62%-Verfahren

Bei diesem Verfahren werden zwei Hilfserder benötigt: einer, um den Messstrom einzuspeisen und einer um das 0V-Potenzial abzugreifen. Dabei ist die Anordnung dieser beiden Hilfserder in Bezug auf die zu prüfende Erdung E (X) von entscheidender Bedeutung.

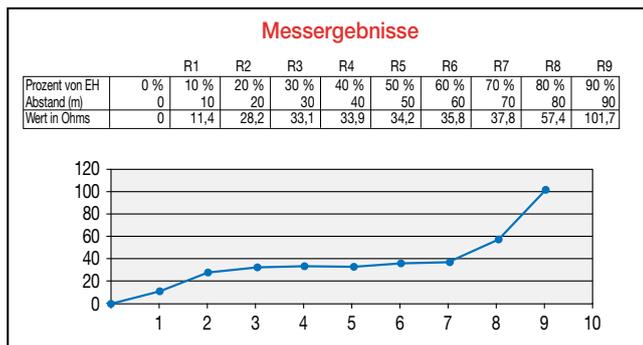
Zunächst darf der Hilfserder (S) für das 0V-Bezugspotenzial auf keinen Fall in die Einflussbereiche platziert werden, die der eingespeiste Strom I rund um den Erder(E) oder um die Einspeisungs-Elektrode H verursacht.

Aus statistischen Untersuchungen über die Bodenbeschaffenheit hat sich ergeben, dass man die besten Messergebnisse erhält, wenn man den Hilfserder S auf der Verbindungslinie zwischen E und H in 62% Abstand von der Erdung E einstellt.

Danach überzeugt man sich, dass sich die Messungen nicht verändern, wenn man den Hilfserder S um $\pm 10\%$ auf der Geraden zwischen E und H verschiebt (Positionen S' und S''). Wenn die Messung an diesen Stellen schwankt, ist das ein Hinweis, dass sich der Hilfserder S in einem Einflussbereich befindet und dass daher die Messungen mit einem größeren Abstand EH vorgenommen werden müssen.



Beispiel: Messung von R1 bis R9 in unterschiedlichen Abständen EH zwischen 10 % und 90 %



Erdungsmessung nach dem Dreiecks-Verfahren (2 Hilfserder)

Dieses Verfahren benötigt wie das vorhergehende ebenfalls zwei Hilfserder und wird benutzt, wenn Hindernisse die geradlinige Anordnung der Hilfserder oder einen genügenden Abstand zwischen E und H nicht zulassen.

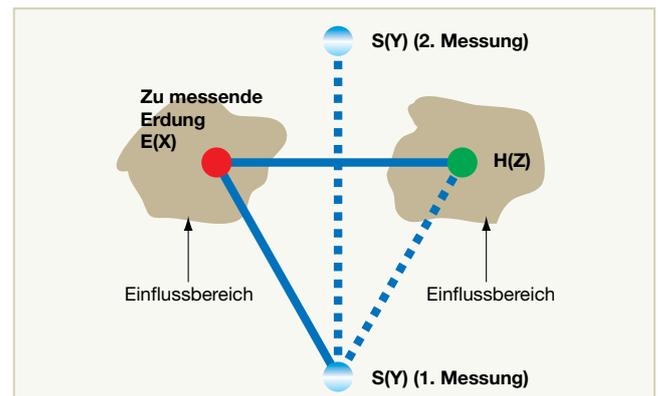
Bei diesem Verfahren geht man wie folgt vor:

- die Hilfserder H und S werden so angeordnet, dass sie zusammen mit der Erdung E ein gleichseitiges Dreieck bilden
- die erste Messung wird in dem auf der einen Seite von EH liegenden Dreieck vorgenommen, die zweite Messung im Dreieck auf der andern Seite von EH (siehe Abb. unten).

Ergeben die beiden Messungen sehr unterschiedliche Werte, müssen die Entfernungen (die Seiten des Dreiecks) vergrößert und neue Messungen vorgenommen werden.

Unterscheiden sich die beiden Messungen nur um wenige %, kann man sie als gültig bewerten.

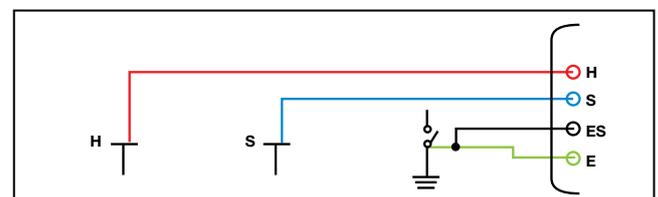
Das Verfahren ist jedoch nicht sehr zuverlässig, da selbst wenn die beiden "Dreiecke" gleiche Messwerte liefern, es nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich die Einflussbereiche überdecken. Dies lässt sich nur durch zwei neue Messungen mit größerer Seitenlänge ausschließen.



Erdungsmessung nach dem Vierpol-Verfahren

Beim vierpoligen Messverfahren nutzt man dasselbe Messprinzip wie bei dem dreipoligen Verfahren, aber zwischen der zu messenden Erde E und dem Messgerät besteht eine zusätzliche Verbindung ES. Da sich bei diesem Verfahren die Widerstände der Messleitungen ausschließen lassen, ergibt sich eine 10-fach bessere Messgenauigkeit.

Das Verfahren ist besonders geeignet zur Messung sehr niedriger Erdungswiderstände und wird daher besonders von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen geschätzt, die für Trafo- und Verteilerstationen besonders niederohmige Erdungen benötigen.



Hinweis: der Trennsteg der Erdung muss dabei geöffnet werden

Der Vorteil der drei- oder vierpoligen Erdungsmessungen ist, dass man sie an einer spannungslosen Anlage vornimmt und sie deshalb auch an Wohn- oder Industriegebäuden benutzt werden können, die noch gar nicht oder nicht mehr ans Versorgungsnetz angeschlossen sind.

Um die drei- oder vierpoligen Erdungsmessungen vorzunehmen, sollte der Trennsteg in der Erdung geöffnet und sichergestellt werden, dass tatsächlich nur der Widerstand des betreffenden Erders gemessen wird. In vielen Fällen kann es sein, dass über Metallleitungen (Gas-, Wasser-, Regen-, Fernheizungsrohre) noch eine weitere "Erdung" des Gebäudes besteht. Eine Erdungsmessung mit geschlossenem Trennsteg kann dann dazu führen, dass ein niedrigerer Wert gemessen wird, der sich aber z.B. nach einem Ersetzen der Leitungen durch Kunststoffrohre sprunghaft erhöhen würde. Deswegen sollte dieser Trennsteg immer geöffnet werden, außer man ist sich sicher, dass keine weitere Erdung des Gebäudes über solche Leitungen besteht.

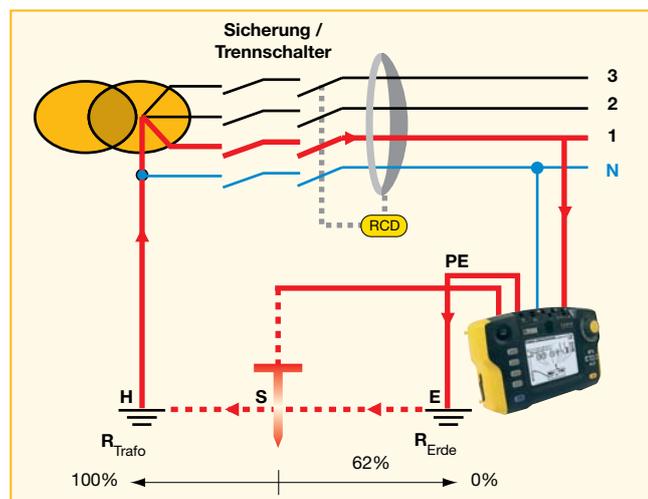
Um festzustellen, ob solche zusätzlichen Erdungen bestehen, kann es sinnvoll sein, die Erdungsmessung zunächst mit geschlossenem und danach mit geöffnetem Trennsteg vorzunehmen, um sicher zu gehen, dass man nur den tatsächlich vorhandenen Erder misst.

Abwandlung des 62 %-Verfahrens mit nur einem Hilfserder

(nur beim Netztyp TT oder IT impedant)

Bei diesem Verfahren wird keine Öffnung des Trennstegs in der Erdung benötigt und es muss nur ein zusätzlicher Hilfserder (S) gesetzt werden.

Als "Hilfserder H" für die Einspeisung des Messstroms wird in diesem Fall die Erdung des Versorgungstransformators benutzt und als zweiter Hilfserder E die zu messende Erdung des Gebäudes über den Schutzleiteranschluss PE (oder über den Erdungs-Trennsteg).



Das Messprinzip ist dasselbe wie beim 62 %-Verfahren: der Hilfserder S wird auch hier in einem Abstand von 62 % von dem Erder E in Bezug zur Entfernung zwischen E und H eingesteckt.

Damit liegt S normalerweise außerhalb der Einflussbereiche und liefert ein 0V-Erdbezugspotenzial.

Nun wird ein Strom I eingespeist und die gemessene Spannung dividiert durch diesen Strom liefert den Erdungswiderstand.

Gegenüber dem 62 %-Verfahren sind folgende Unterschiede zu beachten:

- Die Einspeisung des Messstroms erfolgt über das Netz und nicht über Batterien oder Akkus im Messgerät.
- Es wird nur ein Hilfserder (S) benötigt, so dass die Messung schneller ablaufen kann.
- Der Trennsteg der Gebäudeerdung braucht nicht geöffnet zu werden. Auch dadurch lässt sich Zeit gewinnen und die Sicherheit der Elektroanlage ist während der Messung nicht beeinträchtigt.

Messung des Schleifenwiderstands Außenleiter-PE

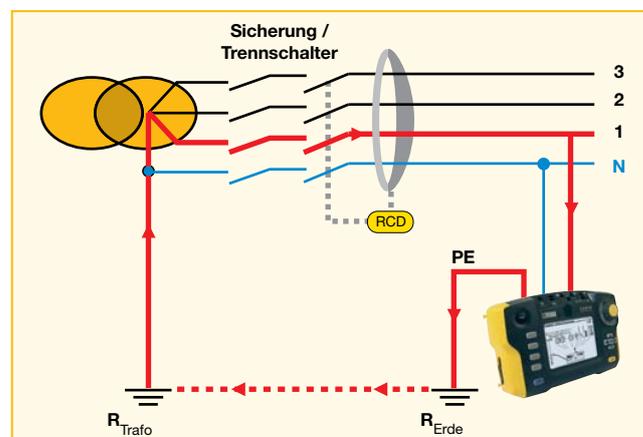
(nur beim Netztyp TT)

In der Stadt ist eine Messung des Erdungswiderstands mit Hilfserdern oft nicht möglich, da man nicht den Platz dazu hat oder sämtliche Böden zubetoniert sind usw... Wenn also eine Messung mit Hilfserdern nicht möglich ist, gestatten auch die einschlägigen Normen die Messung des Schleifenwiderstands.

Vgl. dazu die IEC-Norm 60364-6: HINWEIS: Wenn die Messung von R_A nicht möglich ist, kann diese Messung durch eine Messung der Fehlerstromschleife wie in a) 1) ersetzt werden

Durch die Messung der Fehlerstromschleife lässt sich der Erdungswiderstand auch in städtischer Umgebung ohne das Einstecken eines Hilfserders und durch einfaches Einstecken des Messgeräts in eine Steckdose messen.

Der so gemessene Schleifenwiderstand umfasst dann nicht nur den eigentlichen Erdungswiderstand, sondern auch den inneren Widerstand des Transformators und den Widerstand der Leitungen. Da diese Widerstände aber alle sehr niedrig sind, kann man davon ausgehen, dass der so gemessene Erdungswiderstand nur wenig höher ist als der tatsächliche.



Der tatsächliche Erdungswiderstand ist also geringer: R gemessen $>$ R Erde

Hinweis: Beim Netztyp TN oder IT (impedant) ermöglicht die Messung der Erdschleifenimpedanz die Berechnung des Kurzschlussstroms. Dadurch lassen sich die erforderlichen Schutzeinrichtungen richtig dimensionieren.

Erdungsmessungen an Anlagen mit mehreren parallelen Erdern

Bei einigen Anlagen gibt es mehrere parallel geschaltete Erder, und zwar besonders in Ländern in denen die Energieversorger ihre Abnehmer mit einer eigenen "Erde" versorgen. Außerdem findet man auch bei Anlagen mit einer hohen Anzahl von empfindlichen elektronischen Geräten oftmals eine Vermaschung der Erdleiter und mehrere Erder, um damit eine möglichst gleichmäßige Äquipotenzialfläche zu erreichen. Bei solchen Anlagen lassen sich die Sicherheit optimieren und die Prüfungen beschleunigen, wenn man selektive Erdungsmessungen vornimmt.

Alle bisher beschriebenen Erdungsmessverfahren bezogen sich auf einen einzigen Erder. Wenn eine Erdung aus verschiedenen parallelen Erdern besteht, würde man mit diesen Verfahren daher immer nur den Parallelwiderstand aller Erder messen oder man müsste jeden einzelnen Erdungsanschluss auftrennen und separat messen, was aber sehr mühsam und zeitaufwändig wäre.

Um solche in der Industrie häufig anzutreffenden Erdungsanlagen dennoch sinnvoll prüfen zu können, verwendet man hier das sog. selektive Verfahren mit dem Einsatz von einem oder mehreren Zangenstromwandlern. Auch hier lässt sich wieder zwischen zwei Verfahren unterscheiden: denen mit und denen ohne Hilfserder.

Die selektiven Erdungsmessungen haben folgende Vorteile:

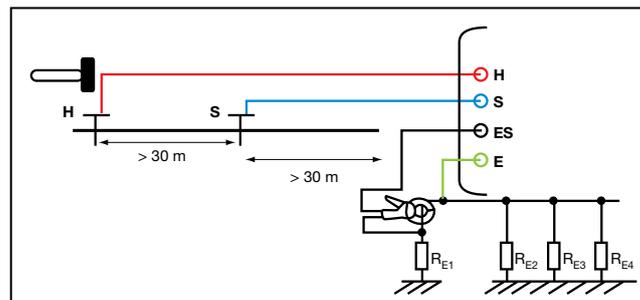
- Erheblicher Zeitgewinn, da die vorhandenen Erdungen nicht mehr einzeln aufgetrennt und gemessen werden müssen. Durch den Einsatz der Stromzangen kann man den durch jede einzelne Erdung fließenden Strom messen und die Einflüsse der Parallelschaltung ignorieren.
- Garantierte Sicherheit der Personen und Güter, da die Erdung während der Messung nicht unterbrochen ist.

Vierpolige selektive Erdungsmessung

Bei Verwendung der klassischen drei- oder vierpoligen Messmethode bei mehreren parallel geschalteten Erdern würde sich der eingespeiste Messstrom auf die verschiedenen Erdanschlüsse aufteilen. Man kennt also nicht den durch jeden einzelnen Erder fließenden Strom und kann daher auch den jeweiligen Erdungswiderstand nicht berechnen. Man würde nur den durch die gesamte Erdungsanlage abfließenden Strom kennen und könnte somit nur den Parallelwiderstand sämtlicher Erder messen.

Um den Einfluss der Parallelschaltung auszuschließen, gibt es eine selektive vierpolige Erdungsmessung, die eine Abwandlung der herkömmlichen vierpoligen Erdungsmessung darstellt. Das Messprinzip ist dasselbe, nur verwendet man hier eine Stromzange, mit der jeder einzelne durch den zu messenden Erder fließende Strom gemessen werden kann.

Durch die Verwendung der Hilfserder, und insbesondere des Hilfserders S für das 0V-Erdbezugspotenzial, erhält man mit diesem Verfahren sehr genaue Werte für den Erdungswiderstand.



Messung einer Erdschleife mit 2 Stromzangen und Messungen mit der Erdungsprüfzange

Messung ohne Auftrennen des Trennstegs und ohne Hilfserder

Dieses Messverfahren hat die herkömmlichen Erdungsmessungen geradezu revolutioniert: wie bei der selektiven vierpoligen Messung ist es nicht notwendig, die parallelen Erdungen aufzutrennen, aber bei den folgenden beiden Verfahren müssen auch keine Hilfserder mehr eingesteckt werden. Das spart jede Menge Zeit und Aufwand, denn bei hohen spezifischen Erdwiderständen kann die Suche nach geeigneten Einstechstellen für die Hilfserder sehr zeitraubend sein.

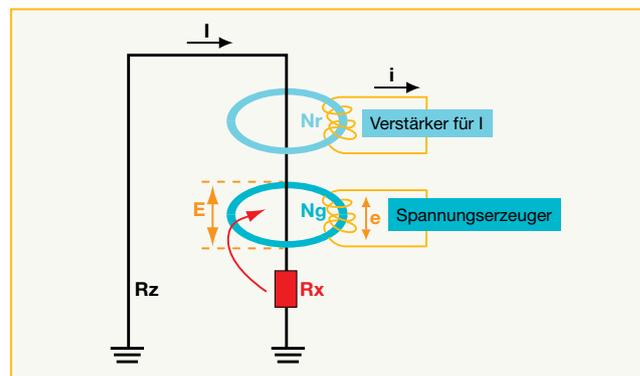
Messung mit der Erdungsprüfzange

Die Erdungsprüfzange ist besonders einfach und schnell einzusetzen: durch einfaches Umschließen des zu messenden Erdleiters wird der durch ihn fließende Strom gemessen und der Erdungswiderstand ermittelt.

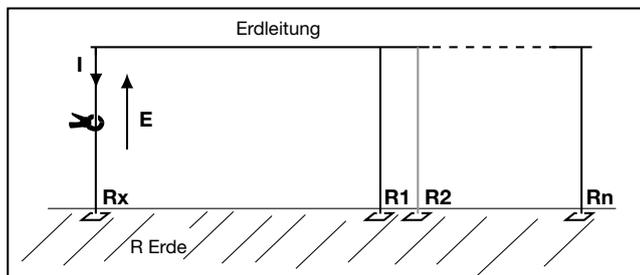
Eine Erdungsprüfzange besteht aus zwei Wicklungen: einer "Generatorwicklung" und einer "Messwicklung".

- Die "Generatorwicklung" der Prüfzange umschließt den Erdleiter mit einem vorgegebenen Wechseldmagnetfeld und erzeugt in ihm damit eine definierte Wechselspannung E . Im Erdleiter fließt nun über die Erdschleife ein Strom der Stärke $I = E / R$.
- Mit ihrer Messwicklung misst die Erdungsprüfzange diesen Strom I .

Da E und I bekannt sind, lässt sich der Erdschleifenwiderstand R leicht berechnen.



Um nur den im Erdleiter erzeugten Strom I zu messen, verwenden die Erdungsprüfzangen eine besondere Frequenz und werten nur diese aus, so dass eventuelle Fremdströme wegfallen. Wir betrachten nun den Fall einer Erdung mit mehreren parallelen Erdanschlüssen R_x , R_1 , R_2 usw... bis R_n , an der man den Erdungswiderstand R_x messen möchte. Das folgende Schaltbild soll diese Erdung darstellen:



Wenn man über die Erdungsprüfzange in einem beliebigen Punkt des Erdanschlusses R_x die Spannung E erzeugt, fließt in der Erdschleife ein Strom I nach folgender Gleichung:

$$R_x + R_{Erde} + (R_1 // R_2 // R_3 \dots // R_n) + R_{Erdleitung} = R_{Schleife} = E / I =$$

Darin sind:

R_x (gesuchter Widerstandswert)

R_{Erde} (normalerweise ein sehr kleiner Wert von $< 1 \Omega$)

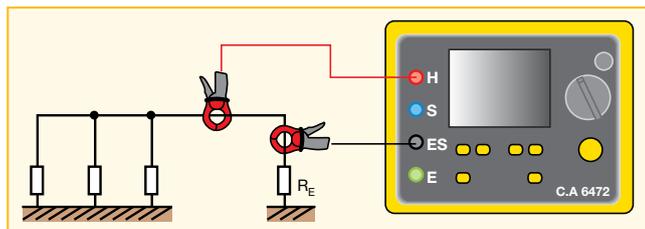
$R_1 // R_2 \dots // R_n$ (parallel geschaltete Einzelwiderstände mit vernachlässigbarem Gesamtwert)

$R_{Erdleitung}$ (normalerweise ein sehr kleiner Wert von $< 1 \Omega$)

Wenn man davon ausgeht, dass die Parallelschaltung der "n" Einzelwiderstände R_1 , R_2 , R_3 usw... einen vernachlässigbaren Gesamtwert ergibt, kommt man zu dem Ergebnis, dass der gemessene Schleifenwiderstand $R_{Schleife}$ praktisch gleich dem zu messenden Widerstand R_x ist.

Messung der Erdschleife mit 2 Stromzangen

Diese Messung beruht auf demselben Prinzip wie die Messung mit der Erdungsprüfzange. Der zu prüfende Erdanschluss wird mit zwei Stromzangen umschlossen, wobei die eine als Generatorzange und die andere als Messzange dient. Diese werden an das Messgerät angeschlossen, das nun über die eine Zange ein bekanntes Signal mit 32 V und 1367 Hz einspeist. Die andere Zange misst nun den in der Erdschleife fließenden Strom.



Statt einer einzigen Erdungsprüfzange verwendet man hierbei zwei Messzangen für jede der beiden Funktionen. Der Vorteil dabei ist, dass man Messungen auch an Leitern durchführen kann, die wegen Platzmangel oder wegen ihres Durchmessers nicht mit einer Erdungsprüfzange umfasst werden können.

Die Erdungsprüfer C.A 6471 und C.A 6472 haben diese Zwei-Zangen-Funktion mit Messzangen des Typs C oder MN, die für viele Leitungsdurchmesser und eine große Anzahl Anwendungen geeignet sind.

Achtung: Erdschleifenmessungen enthalten eine gewisse Anzahl "Fallen" und daher sind einige Punkte dabei zu beachten.

1 - Anzahl der parallel geschalteten Erder

Die Vereinfachung gemäß dem Schaubild links gilt nur, wenn parallel zur gemessenen Erdung ein Strompfad mit geringer Impedanz verläuft. Es empfiehlt sich also vorher den Widerstand der n parallel geschalteten Widerstände abzuschätzen und sicher zu stellen, dass der Wert gegenüber R_x vernachlässigbar ist.

Beispiel 1:

Der Erder R_x mit 20Ω liege parallel zu 100 anderen Erdern mit ebenfalls je 20Ω .

Man erhält dann folgenden Wert für die Messung:

$$R_{Schleife} = 20 + 1 / 100 * (1/20) = 20 + 1/5 = 20,2 \Omega$$

Wie man sieht, liegt dieser Wert sehr nahe beim tatsächlichen Wert von R_x .

Beispiel 2:

Nehmen wir eine Erdung, die nur aus zwei parallelen Anschlüssen R_x mit 20Ω und R_1 mit 20Ω besteht.

Man erhält dann folgenden Wert für die Messung:

$$R_{Schleife} = R_x + R_1 = 40 \Omega$$

Hier liegt der Wert deutlich über dem tatsächlichen Wert von R_x der nur 20Ω beträgt. Wenn allerdings der Wert von R_x nicht genau gemessen werden soll, sondern nur geprüft, ob er unter einem bestimmten Grenzwert von z.B. 100Ω liegt, so kann auch diese Messung ein aussagefähiges Ergebnis liefern.

2 - Erkennen des gemessenen Stromkreises

Um eine Erdschleifenmessung richtig anwenden zu können, muss man die Eigenschaften der gesamten Elektroinstallation kennen.

In der Tat gilt es zwei Punkte zu beachten:

- Wenn es keinen zum gemessenen Erder parallelen Strompfad mit geringer Impedanz gibt, wie beispielsweise in einem allein stehenden Wohnhaus mit nur einer Erdung, ist eine Erdschleifenmessung nicht möglich, da der Strom dann keinen Weg zurück findet.
- Misst man sehr geringe Widerstandswerte, muss man sich vergewissern, dass die Messzange nicht auf eine Potenzialausgleichsleitung aufgesetzt wurde, denn dann würde man nicht den Erdungswiderstand, sondern den Widerstand dieser Ausgleichsleitung messen (der erheblich geringer sein dürfte). Eine solche Messung kann allerdings dazu dienen, die Durchgängigkeit der Schleife zu prüfen.



3 - Messfrequenz und Impedanz

Es ist wichtig im Kopf zu behalten, dass wir bei den bisherigen Messungen immer vom "Schleifenwiderstand" gesprochen haben. Angesichts des verwendeten Messprinzips und des eingespeisten Wechselstroms mit 2403 Hz beim C.A 6410, C.A 6412 und C.A 6415, bzw. mit 1358 Hz beim C.A 6415R, sollte man allerdings lieber von "Schleifenimpedanz" sprechen. In der Praxis lassen sich die induktiven Eigenschaften der Erdschleife weitgehend ignorieren, so dass der Wert der Schleifenimpedanz Z mit dem ohm'schen Schleifenwiderstand R zusammenfällt.

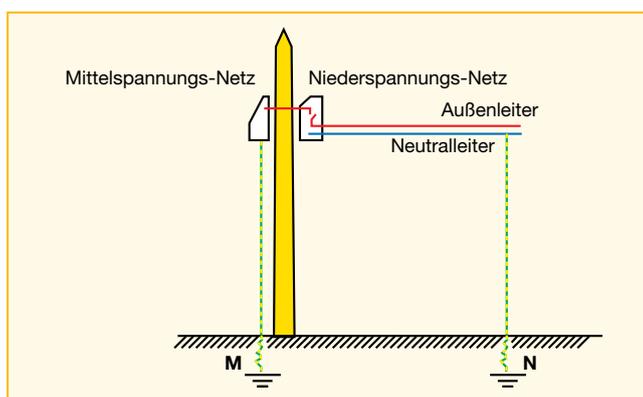
Bei Netzen großer Ausdehnung (z.B. bei Eisenbahnnetzen) kann allerdings der induktive Anteil nicht mehr vernachlässigt werden. In diesem Fall ist die tatsächliche gemessene Schleifenimpedanz um einiges höher als der rein ohm'sche Erdschleifenwiderstand.

Um den induktiven Einfluss auszuschalten, wurden die neuen Chauvin Arnoux Erdungsprüfer mit der Zwei-Zangen-Funktion, die Modelle C.A 6471 und C.A 6472, mit einer Messfrequenz von nur 128 Hz ausgerüstet, um einerseits den Einfluss der Leitungsinduktivitäten zu verringern und um andererseits auch nahe genug bei der Netzfrequenz und somit bei den normalen Betriebseigenschaften der Elektroinstallation zu bleiben.

Messung der Kopplung

Die Messung der Erdungskopplung wird von den Energieversorgern in vielen Ländern dazu benutzt, um die Kopplung zwischen den Mittelspannungs- und Niederspannungsnetzen zu prüfen. Dabei wird die gegenseitige Beeinflussung der jeweiligen Erdungen dieser beiden Netze geprüft, die normalerweise überhaupt nicht miteinander verbunden sind.

Eine starke Kopplung zwischen zwei Erdungen kann zu schädlichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Personen und Gütern führen. Wenn z.B. über die Erdung M des Mittelspannungsnetzes ein starker Fehlerstrom abfließt, kann dies zu einer Erhöhung des Erdpotenzials in der Umgebung führen, und damit zur Erhöhung des Potenzials der Erdung N des benachbarten Niederspannungsnetzes. Dadurch würden Menschen und Material, die das Niederspannungsnetz benutzen, unter Umständen gefährdet.



Bei einem Blitzeinschlag in einen Mittelspannungs-/ Niederspannungstransformator kann das Potential vorübergehend auf mehrere kV ansteigen.

Für die Messung der Erderkopplung verwendet man das 62 %-Verfahren. Dabei werden die Hilfsleiter H für den Stromrücklauf und S für das 0V-Erdbezugspotential so in einer Linie in die Erde eingesteckt, dass:

- eine ausreichende Entkopplung von der zu messenden Erdung besteht, unter Beachtung der in den folgenden Schaubildern angegebenen Abstände,
- das am Hilfsleiter S anliegende 0V-Erdbezugspotenzial korrekt ist.

Für die Messung der Kopplung geht man nun wie folgt vor:

1 Den Neutralleiter am Niederspannungsnetz abklemmen (Verbindung A öffnen)*

- E und ES mittels zwei Kabeln zu je 50 m Länge mit N (Erdung des Niederspannungs-Neutralleiters) verbinden
- Ersten Hilfsleiter mit einem 50 m langen Kabel mit Eingang S verbinden
- Zweiten Hilfsleiter mit einem 100 m langen Kabel mit Eingang H verbinden
- Das Messgerät mittig zwischen M und N in einem Abstand von 20 m aufstellen
- Widerstand $R_{Neutral}$ der Erdung des Neutralleiters messen

* Die Verbindung A muss geöffnet sein, um die Kopplung der 1. Erdung des Neutralleiters messen zu können.

2 Wie oben, jedoch diesmal werden E und ES mit der Erdung bzw. Masse M des Mittelspannungsnetzes verbunden

- (der Neutralleiter des Niederspannungsnetzes ist immer noch abgeklemmt)
- Widerstand R_{Masse} der Erdung des Mittelspannungsnetzes messen

3 Eingänge E und ES mittels zwei Kabeln je 50 m Länge mit M (Erdung bzw. Masse M des Mittelspannungsnetzes) verbinden

- Eingänge S und H mittels zwei Kabeln je 50 m Länge mit N (Erdung des Neutralleiters) verbinden
- Widerstand $R_{Masse/Neutral}$ messen

4 Kopplung nach folgender Formel berechnen:

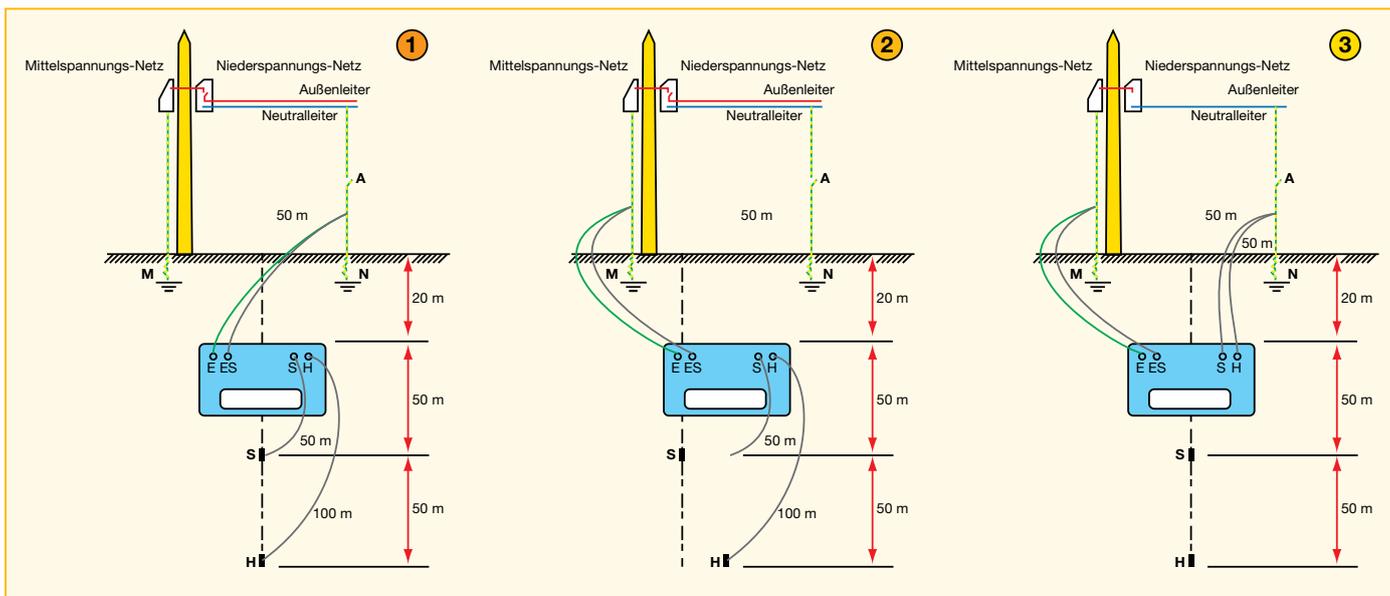
$$R_{Kopplung} = [R_{Masse} + R_{Neutral} - R_{Masse/Neutral}] / 2$$

5 Kopplungskoeffizient berechnen:

$$k = R_{Kopplung} / R_{Masse}$$

Der Kopplungskoeffizient muss nach Vorschrift vieler Energieversorger $< 0,15$ sein.

Wichtig: Keinesfalls vergessen, die Verbindung A wieder herzustellen!



Erdungsmessungen mit hoher Frequenz

Alle bisher beschriebenen Erdungsmessungen werden mit niedriger Frequenz vorgenommen, d.h. mit einer Frequenz in der Nähe der Netzfrequenz, um die Messbedingungen möglichst an die realen Betriebsbedingungen anzupassen. Außerdem beschränkt sich die Messung eines Erdungswiderstands normalerweise auf den rein ohm'schen Widerstand, so dass die Frequenz des Messsignals keine Rolle spielt.

Bei sehr komplexen Erdungsnetzen mit mehreren parallelen Erdungen kann es jedoch wegen der Verbindungsleitungen der Erden untereinander zu nicht vernachlässigbaren induktiven oder kapazitiven Erscheinungen kommen. Auch wenn die Induktivität von Erdungen bei niederen Frequenzen sehr niedrig ist, kann sie bei hohen Frequenzen, wie etwa bei Blitzeinschlägen, eine große Rolle spielen. Deswegen kann es sein, dass ein Erdungssystem, das bei niederen Frequenzen dank seines geringen ohm'schen Widerstands durchaus gute Resultate liefert, bei hohen Frequenzen die Fehlerströme nicht mehr so gut ableitet. Das kann teilweise dazu führen, dass sich der Blitz einen anderen Weg sucht als die vorhandene Erdung.

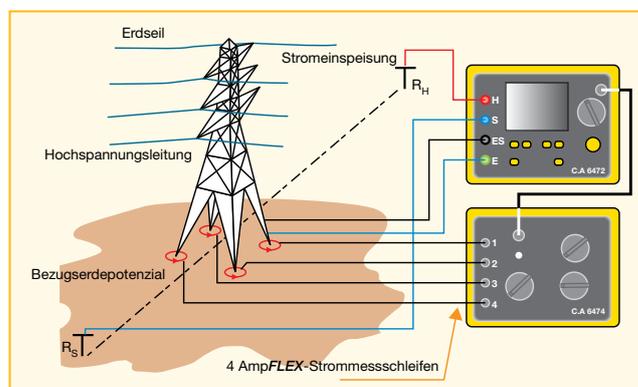
Eine Erdungsmessung in Verbindung mit einer Frequenzanalyse stellt sicher, dass eine Erdung auch im Falle von Blitzeinschlägen richtig funktioniert.

Erdungsmessungen an Hochspannungsmasten mit Erdseil

Hochspannungsleitungen sind an den Mastspitzen meist mit einem sog. Erdseil untereinander verbunden, so dass eventuell in die Leitung einschlagende Blitze über die Metallmasten in die Erde abgeleitet werden.

Da alle Masten untereinander über dieses Erdseil verbunden sind, liegen alle Erdungswiderstände der Masten zueinander parallel und es ergibt sich dieselbe Problematik wie bei den oben behandelten Erdungen mit vielen parallelen Erden.

Mit herkömmlichen Verfahren lässt sich nur der Gesamtwiderstand der Hochspannungsleitung messen, d.h. die Parallelschaltung aller einzelnen Masterdungen. Da eine Leitung unter Umständen sehr viele Masten hat, ist es wahrscheinlich, dass der Gesamtwiderstand sehr niedrig ist, obwohl einzelne Masterdungen unzureichend sein können. Mit herkömmlichen Verfahren ist die Messung des Erdungswiderstands eines einzelnen Masts unmöglich, außer man würde diesen Mast aus der allgemeinen Erdung herausnehmen, indem man das Erdseil abklemmt. Dies ist allerdings sehr zeitaufwändig und mit großen Gefahren verbunden.



Messprinzip

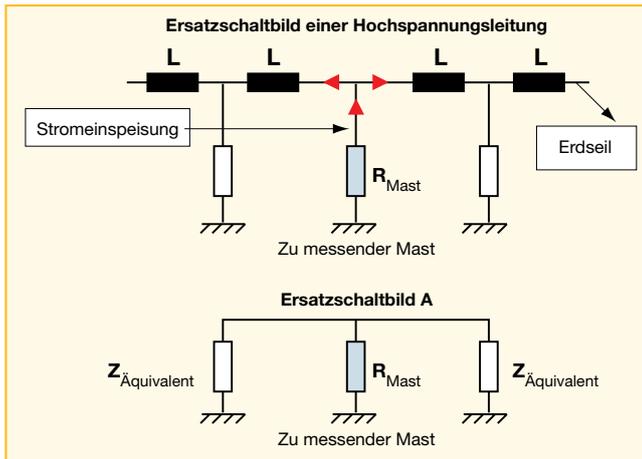
Der Erdungsprüfer C.A 6472 in Verbindung mit der vektoriellem Verarbeitungseinheit C.A 6474 eröffnet die Möglichkeit, den Erdungswiderstand eines einzelnen Masts zu messen, und zwar während des Betriebs und solange dieser an die parallele Erdung der gesamten Leitung angeschlossen ist. Die Geräte C.A 6472 + C.A 6474 vereinen in sich zwei Messprinzipien:

1. Die Verwendung von vier flexiblen AmpFLEX™ Strommessschleifen, die jeweils um jeden Mastfuß gelegt werden, um den über jeden Fuß in die Erde fließenden Strom zu messen. Dieses Messprinzip ist dasselbe wie bei der selektiven Erdungsmessung mit Messzangen, nur dass hier wegen der großen Abmessungen statt der Messzangen die AmpFLEX™-Messschleifen verwendet werden.



2. Messung mit hohen Frequenzen bis 5 kHz, um:

- den äquivalenten Impedanzwert Z der Gesamtanlage (siehe Ersatzschaltbild A) zu erhalten, der sehr viel höher ist als der zu messende Erdungswiderstand. Der über das Erdseil zu anderen Masten fließende Strom wird daher vernachlässigbar klein gemessen wird hauptsächlich der über den betreffenden Mastwiderstand fließende Strom. Die Messgenauigkeit wird beachtlich erhöht.
- den Impedanzverlauf mit variabler Frequenz von 41 Hz bis 5 kHz zu ermitteln, um das Verhalten der Erdung in Abhängigkeit von der Frequenz und z.B. bei Blitzeinschlag zu ermitteln.



Messverfahren

Mit dem C.A 6474 lässt sich die Erdung von Hochspannungsmasten nach zwei Verfahren messen:

- 1. Aktives Verfahren:** dabei wird vom Prüfer C.A 6472 ein Messstrom eingespeist (wie beim herkömmlichen 3-poligen oder 4-poligen Messverfahren)..
- 2. Passives Verfahren:** dabei werden die in der Hochspannungsleitung fließenden Restströme ausgewertet. Das passive Verfahren ist sinnvoll, um die Übereinstimmung mit den beim aktiven Verfahren erhaltenen Werten zu vergleichen. Außerdem sind Messungen mit dem passiven Verfahren immer möglich, auch wenn der spez. Erdwiderstand am Maststandort (z.B. im Gebirge) so hoch ist, dass kein ausreichend starker Messstrom fließen kann und das aktive Verfahren daher als Möglichkeit ausscheidet.

Weitere Messungen

Die Kombination von C.A 6472 und C.A 6474 ist ein vollwertiges Diagnosewerkzeug für Hochspannungsleitungen. Denn zusätzlich zur exakten und selektiven Messung eines einzelnen Masts kann man mit den beiden Geräten noch folgende Messungen vornehmen:

- **Impedanzmessung der gesamten Hochspannungsleitung in Abhängigkeit von der Frequenz**, um so das Verhalten bei Störungen abschätzen zu können. Im Falle eines Blitzeinschlags muss die Gesamtimpedanz einer Leitung ausreichend niedrig sein, um die Ströme über das Erdseil und die Erdungen der einzelnen Masten zur Erde abfließen zu lassen.

- **Kontaktgüte des Erdseils:** Da die Fehlerströme zunächst über das Erdseil und anschließend über die Masterdungen abfließen, muss die Kontaktierung Erdseil/Mastspitze absolut einwandfrei sein. Durch Messung des nach oben über das Erdseil abfließenden Stroms kann man eine Messung des Kontaktwiderstands vornehmen und einen Anschlussdefekt schnell erkennen.
- **Messung des Erdwiderstands jedes einzelnen Mastfußes:** Dank der um jeden einzelnen Mastfuß gelegten AmpFLEX-Schleifen lassen sich Erdungsdefekte an einzelnen Mastfüßen entdecken.

Einflussgrößen bei Erdungsmessungen

Bei Erdungsmessungen gibt es zwei hauptsächliche Einflussgrößen:

- der Widerstand der Hilfserder H und S
- Störspannungen

Widerstand der Hilfserder H und S

Ein hoher Widerstandswert der Hilfserder H und S beeinflusst die Messgenauigkeit. Wenn die Erder H und S einen hohen Eigenwiderstand wegen eines hohen spez. Erdwiderstands aufweisen (zB. auf felsigem Boden) wird der Messstrom sehr schwach und reicht unter Umständen nicht mehr aus, um eine korrekte Erdungsmessung durchzuführen.

Die Chauvin Arnoux Erdungsprüfer der Serie C.A 647x messen die Eigenwiderstände der Hilfserder und erlauben es somit, denjenigen mit einem zu hohen Widerstand zu erkennen und Abhilfemaßnahmen zu ergreifen. Dadurch lässt sich viel Zeit gewinnen, da man besonders vor Ort dann schnell reagieren kann und nicht ständig zwischen den Erdspeßen hin- und herlaufen muss.

Ein zu hoher Hilfserder-Widerstand lässt sich z.B. durch das Einstechen von parallelen zusätzlichen Erdspeße verringern, durch tieferes einstechen derjenigen oder in dem man die Erde nass macht. Außerdem gibt es viele Erdungsprüfer die im Gegensatz zu den Chauvin Arnoux Geräten keine hohen Hilfserder-Widerstände akzeptieren. Auch hier sieht man den Unterschied zwischen normalen Geräten und Geräten für Experten.

Vorliegen von Störspannungen

Erdungsmessungen können durch das Vorliegen von Störspannungen stark verfälscht werden. Deswegen sollte man ausschließlich Erdungsmessgeräte für Erdungsprüfungen verwenden, da nur diese Geräte die Gewähr bieten, sich nicht von Fremdströmen stören zu lassen.

Es kann dennoch vorkommen, dass die üblicherweise benutzte Frequenz von 128 Hz für den Messstrom und dass die vorliegenden Störspannungen Erdungsmessungen unmöglich machen. Störspannungen zu erkennen, zu messen und damit ihren Einfluss auf die Messung abzuschätzen ist daher eine wichtige Funktion von Erdungsmessgeräten. Manche Messgeräte warnen den Benutzer durch eine blinkende Anzeige, wenn hohe Störspannungen vorliegen und verfügen über eine automatische Anpassung der Messfrequenz, um möglichst rauschfreie Messungen zu erhalten.

Die Messung der Widerstände der Hilfserder und der vorliegenden Störspannungen führen zu einer höheren Aussagekraft der Messungen und bedeuten einen erheblichen Zeitgewinn, da sie störende Einflussgrößen sichtbar machen und Abhilfemaßnahmen ermöglichen. Wenn der gemessene Erdungswiderstand sehr viel höher ist als man erwartet hatte, kann das auf eine schlechte Erdung, aber eben auch auf schlechte Messbedingungen hindeuten, die das Ergebnis verfälschen. Daher ist es wichtig, einen Erdungsprüfer auszuwählen, der mit den zu erwartenden Messbedingungen zurecht kommt. Dazu gehören:

- das Vorliegen von hohen Störspannungen
- hoher spezifischer Erdwiderstand am Standort

Besondere Vorsichtsmaßnahmen vor einer Erdungsmessung

1. Um die Erdspeife außerhalb der jeweiligen Einflussbereiche zu platzieren, sollten die Abstände zwischen den Hilfserdern H und S und zwischen der zu messenden Erdung E so groß wie möglich gewählt werden.
2. Um elektromagnetische Einflüsse auszuschließen, sollten die Anschlusskabel zu den Hilfserdern stets komplett abgerollt und so auf der Erde abgelegt werden, dass sie keine Schleifen bilden (Überlängen Z-förmig verlegen). Außerdem sollte man die Kabel so weit wie möglich voneinander entfernt verlegen und die Nähe zu anderen metallischen Leitern (Stromkabel, Leitungsrohre, Schienenstränge,...) vermeiden.
3. Um eine gute Messgenauigkeit zu erreichen, sollte der Eigenwiderstand der Hilfserder so gering wie möglich sein. Dazu kann man mehrere zusätzliche Hilfserder parallel und / oder tiefer einstecken, oder das umgebende Erdreich nass machen.
4. Um die Gültigkeit einer Messung zu bestätigen, empfiehlt es sich, den Hilfserder S mit dem 0V-Erdbezugspotenzial an unterschiedlichen Stellen einzustecken und zu prüfen, ob man jeweils dieselben Werte erhält.

Übersicht über die verschiedenen Verfahren der Erdungsmessung

	Ländliches Umfeld mit der Möglichkeit, Hilfserder zu setzen	Gebäude in der Stadt, wo keine Hilfserder gesetzt werden können
Einfacher Erder		
3-poliges 62 %-Verfahren	■	
Dreiecksverfahren (mit 2 Hilfserdern)	■	
4-poliges Verfahren	■	
Abgewandeltes 62 %-Verfahren (1 Hilfserder)	■	
Messung der Schleife Phase - PE	■	■ (nur bei TT-Netzen)
Netz mit mehreren Erdern		
Selektives 4-poliges Verfahren	■	
Verfahren mit Erdungsprüfzangen	■	■
Messung der Erdschleife mit 2 Messzangen	■	■

Hinweis:

Im Falle einer Erdung mit mehreren parallelen Erdern kann man auch die herkömmlichen Verfahren für die Messung einer Erdung mit nur einem Erder benutzen, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Es interessiert nur der Widerstandswert der gesamten Erdungsanlage.
2. Der zu messende Erder kann von den anderen Erdungen abgetrennt werden..

Häufige Fragen

Kann man eine Erdung über die Wasser- oder Gasleitungen herstellen?

Es ist absolut verboten, unterirdisch verlegte Wasser- oder Gasleitungen als Erdungen zu benutzen.

Es ist auch in Gebäuden verboten, die Wasser-Standleitung als Haupt-Schutzleiter zu verwenden, da die Durchgängigkeit dieser Leitungen nicht immer zu 100 % gewährleistet ist (Reparaturen, Einsetzen von Kunststoffleitungen, ...).

Es geht um ein einzelstehendes Wohnhaus und ich habe dort eine Schleifenmessung Außenleiter PE und eine 3-polige Messung mit Hilfserder vorgenommen. Woher kommt es, dass die Messungen nicht übereinstimmen?

Wie oben auf Seite 7 beschrieben, kann es sein, dass zur normalen Fundamenterdung noch weitere Erdverbindungen über die Wasser-, Gas- oder andere Metallleitungen hinzukommen. Wenn Sie bei der 3-poligen Messung den Erdungstrennsteg geöffnet haben, messen Sie den tatsächlichen Widerstand des betreffenden Erders, während bei einer Schleifenmessung auch die anderen Erdverbindungen mit in die Messung eingehen.

Ich habe vor einigen Monaten eine Erdungsmessung vorgenommen und das Ergebnis einer erneuten Messung stimmt nicht mit dem damaligen Wert überein. Wie kann das sein?

Wie unten auf Seite 3 erklärt, schwankt der spezifische Erdwiderstand erheblich mit der Feuchtigkeit und der Temperatur. Es ist daher völlig normal, dass Messungen, die bei unterschiedlichen Wetterbedingungen vorgenommen wurden, voneinander abweichen.



	C.A 6421	C.A 6423	C.A 6460	C.A 6462	C.A 6470N TERCA 3	C.A 6471	C.A 6472	C.A 6410	C.A 6412	C.A 6415
Erdungsmessung										
3-Pol-Verfahren	●	●	●	●	●	●	●			
4-Pol-Verfahren			●	●	●	●	●			
Erdungskopplung Manuel ermittelt Autom. ermittelt			●	●	●	●	●			
Selektive Erdungsmessung										
4-Pol-Verfahren + Messzange						●	●			
Verfahren mit 2 Messzangen						●	●			
Erdungsprüfzange								●	●	●
Erdungsmessung an Hochspannungsmasten										
Mit dem C.A 6474							●			
Messung des spezifischen Erdwiderstands										
Manuell			●	●						
Automatisch					●	●	●			
Erdpotenzialmessung										
							●			
Durchgangsprüfung										
					●	●	●			
Messfrequenz										
Feste Frequenz: 128 Hz	●	●	●	●						
Feste Frequenz: 2403 Hz								●	●	●
Von 41 bis 512 Hz					●	●				
Von 41 bis 5078 Hz							●			
Messung und Anzeige von Rs, Rh										
					●	●	●			
Messung und Anzeige von Störspannungen										
					●	●	●			
Anzeige										
Analoganzeige	●									
LCD-Digitalanzeige		●	●	●				●	●	●
3 gleichzeitige digitale Anzeigeebenen					●	●	●			
Stromversorgung										
Batterien	●	●	●					●	●	●
Wiederaufladbare Akkus				●	●	●	●			
Siehe Seite Nr.	16	16	18	18	20	22	24	30	30	30

Erdungsprüfer

C.A 6421 und C.A 6423

Als netzunabhängige, abgedichtete Geräte sind die Erdungsprüfer C.A 6421 und C.A 6423 leichte und sehr einfach zu bedienende Messinstrumente für den Einsatz im Gelände unter schwierigen Bedingungen. Sie liefern genaue Ergebnisse mit hohem Bedienkomfort und unter optimaler Sicherheit nach dem erprobten Verfahren mit Erdungsspiessen. Nach dem Einstecken der Hilfserder und dem Anschluss an die zu prüfende Anlage lässt sich der Erdungswiderstand schnell und einfach ablesen, mit Bestätigung der Zuverlässigkeit durch Kontrollleuchten.



C.A 6421

Ergonomie

- Abgedichtetes, feldtaugliches Gehäuse
- Hervorragende Ablesbarkeit der analogen oder digitalen Anzeige
- Hoher Bedienkomfort
- Problemloser Anschluss durch farbkodierte Anschlussklemmen und Leitungen

Messfunktionen

- Erdungswiderstandsmessung nach dem 2-Pol- oder 3-Pol-Verfahren
- Hohe Rausch- und Störungsunterdrückung
- Direkte Ablesung von 0,5 Ω bis 2000 Ω (1000 Ω bei C.A 6421)
- Automatische Messbereichswahl (C.A 6423)
- Kontrollleuchten für Messfehler oder Störungen

Netzunabhängigkeit

- Batteriebetrieb
- Für bis zu 1 800 Messungen zu jeweils 15 Sekunden



C.A 6423

	C.A 6421	C.A 6423
Funktionsumfang		
Messungen	Erdungswiderstand	Erdungswiderstand
Messverfahren	2-Pol & 3-Pol	2-Pol & 3-Pol
Spez. Erdwiderstand	Nein	Nein
Messbereich	0,5 Ω bis 1000 Ω	0,01 Ω bis 2000 Ω (in 3 automatischen Bereichen)
Auflösung	-	10 mΩ / 100 mΩ / 1 Ω (je nach Messbereich)
Genauigkeit	± (5 % + 0,1 % des Skalenendwerts)	± (2% der Anzeige + 1 Digit)
Leerlaufspannung	≤ 24 V	≤ 48 V
Messfrequenz	128 Hz	128 Hz
Alarmer	3 Fehler-Kontrollleuchten	3 Fehler-Kontrollleuchten
Technische Daten		
Stromversorgung	8 x 1,5 V-Batterien	8 x 1,5 V-Batterien
Anzeige	Analog	LCD digital, 2000 Digit
Elektrische Sicherheit	IEC 61010 & CEI 61557	IEC 61010 & CEI 61557
Abmessungen	238 x 136 x 150 mm	238 x 136 x 150 mm
Gewicht	1,3 kg	1,3 kg

Bestellangaben

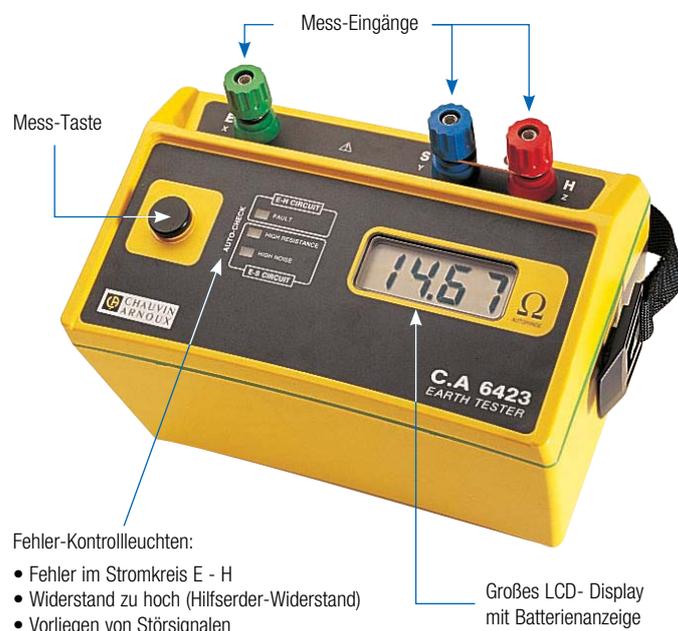
> **C.A 6421** **P01123011**
Lieferung mit Tragegurt, 8 Batterien LR6 1,5 V und 1 Bedienungsanleitung
in 5 Sprachen

> **C.A 6423** **P01127013**
Lieferung mit Tragegurt, 8 Batterien LR6 1,5 V und 1 Bedienungsanleitung
in 5 Sprachen

Zubehör / Ersatzteile

Tragegurt P01298005
Hochleistungssicherungen 0,1 A - 250 V (10 Stck)..... P01297012
Transporttasche Nr.2 P01298006

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen: siehe Seite 28



Erdungs- und spez. Erdwiderstandsprüfer

C.A 6460 und C.A 6462

Als echte "3 in 1"-Messgeräte im abgedichteten und robusten Gehäuse wurden die C.A 6460 und C.A 6462 besonders für Einsätze im Feld entwickelt. Überall, wo neue Erdungen eingerichtet oder vorhandene Erdungen geprüft werden sollen, liefern diese einfach zu bedienenden Messgeräte schnelle, genaue und zuverlässige Ergebnisse, mit hohem Bedienkomfort und unter größter Sicherheit für den Bediener.

Ergonomie

- Robustes, abgedichtetes und baustellentaugliches Gehäuse
- Große, beleuchtete, hervorragend ablesbare LCD-Anzeige mit 2 000 Digits
- Digitale Messwertanzeige mit der Maßeinheit
- Leicht zu bedienen
- Problemloser Anschluss durch farbkodierte Anschlussklemmen und Leitungen

Messfunktionen

- Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessung nach dem 3-Pol- oder 4-Pol-Verfahren
- Hohe Rausch- und Störungsunterdrückung
- Automatische Messbereichswahl
- 3 Kontrollleuchten für:
hohe Rauschpegel
hohe Hilfsleiter-Widerstände
Anschlussfehler

Netzunabhängigkeit

- Batteriebetrieb (C.A 6460) oder Akkubetrieb (C.A 6462).



C.A 6460



C.A 6462

	C.A 6460	C.A 6462
Funktionsumfang		
Messungen	Erdungen / spez. Erdwiderstand / Erdungskopplung	Erdungen / spez. Erdwiderstand / Erdungskopplung
Messverfahren	3-Pol & 4-Pol	3-Pol & 4-Pol
Messbereich	0,01 Ω bis 2000 Ω (in 3 automatischen Bereichen)	0,01 Ω bis 2000 Ω (in 3 automatischen Bereichen)
Auflösung	10 m Ω / 100 m Ω / 1 Ω (je nach Messbereich)	10 m Ω / 100 m Ω / 1 Ω (je nach Messbereich)
Genauigkeit	\pm (2% der Anzeige + 1 Digit)	\pm (2% der Anzeige + 1 Digit)
Leerlaufspannung	\leq 24 V	\leq 48 V
Messfrequenz	128 Hz	128 Hz
Alarmer	3 Fehler-Kontrollleuchten	3 Fehler-Kontrollleuchten
Technische Daten		
Stromversorgung	8 x 1,5 V-Batterien	Aufladbarer Akku NiMH
Anzeige	LCD digital, 2000 Digit	LCD digital, 2000 Digit
Elektrische Sicherheit	IEC 61010 & IEC 61557	IEC 61010 & IEC 61557
Abmessungen	270 x 250 x 110 mm	270 x 250 x 110 mm
Gewicht	2,8 kg	3,3 kg

Bestellangaben

- > **C.A 6460** **P01126501**
Lieferung mit 8 Batterien LR14 1,5 V und
1 Bedienungsanleitung in 5 Sprachen
- > **C.A 6462** **P01126502**
Lieferung mit Netzkabel für Akku-Nachladung und
1 Bedienungsanleitung in 5 Sprachen

Zubehör / Ersatzteile

- Netzkabel P01295174
- Hochleistungssicherungen 0,1 A - 250 V (10 Stck)..... P01297012
- Akkupack P01296021

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen: siehe Seite 28



Erdungs- und spez. Erdwiderstandsprüfer

C.A 6470N TERCA 3

Dieses Profi-Messgerät reiht sich in das Sortiment der multifunktionalen Chauvin Arnoux Erdungsprüfer für den Experten ein. Das in einem robusten und abgedichteten Tragekoffer untergebrachte Gerät ist feldtauglich und bietet dennoch höchsten Bedienkomfort: große, beleuchtete Anzeige, automatische Erkennung der Anschlüsse, Drehschalter für die Funktionswahl usw... Das Ganze mit optimaler Sicherheit für den Benutzer.

Ergonomie

- Robustes, abgedichtetes und baustellentaugliches Gehäuse
- Große, beleuchtete, hervorragend ablesbare multifunktionale LCD-Anzeige
- Bedienungsfreundliches Gerät
- Automatische Erkennung von Anschlussfehlern
- Problemloser Anschluss durch farbkodierte Anschlussklemmen und Leitungen
- Hohe Bediensicherheit durch Anzeige der Anschlüsse auf dem Bildschirm
- Datenübermittlung durch USB-Anschluss
- Geeignet für die Benutzung der DataView®-Software



C.A 6470N TERCA 3

Messfunktionen

- Erdungsmessung nach dem 3-Pol- oder 4-Pol-Verfahren
- Automatische Berechnung des spez. Erdwiderstands nach dem Wenner- oder Schlumberger-Verfahren
- Messung der Erdungskopplung
- Durchgangsprüfung mit 200 mA
- Frequenz des Messsignals einstellbar von 41 Hz bis 512 Hz
- Widerstandsmessung der Hilfserder
- Hohe Unterdrückung von Störspannungen bis zu 60 V_{Spitze}
- Messdatenspeicherung

Netzunabhängigkeit

- Akku-Betrieb
- Netzladegerät und Adapter für Akkuladung über Kfz-Bordnetz (Zigarettenanzünder)



DataView®



C.A 6470N Terca 3

Funktionsumfang		
<i>3-Pol-Messungen</i>	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 512 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 1 Digit
<i>4-Pol-Messungen</i>	Messbereich	0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,001 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 512 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 1 Digit
<i>Spez. Erdwiderstand, 4-Pol-Messungen</i>	Messart	Nach Wenner- oder Schlumberger-Verfahren mit automatischer Berechnung und Anzeige der Ergebnisse in Ω -Meter oder Ω -Fuß
	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω mit autom. Bereichswahl
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	41 bis 128 Hz, wählbar
<i>Messung von externen Spannungen</i>	Messbereich	0,1 bis 65,0 V AC/DC – von DC bis 450 kHz, mit autom. Bereichswahl
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 2 Digit
<i>Widerstandsmessung / Durchgangsprüfung</i>	Messart	2-Pol- oder 4-Pol-Messung, wählbar
	Messbereich	2-Pol: 0,01 Ω bis 99,9 k Ω ; 4-Pol: 0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige + 2 Digit
	Prüfspannung	16 V DC (Polarität +, - oder aut. Polwendung)
	Messstrom	> 200 mA max. bei R < 20 Ω
<i>Speicher</i>	Speicherkapazität	512 Messergebnisse
	Schnittstelle	optische USB - Schnittstelle
Technische Daten		
Stromversorgung	Wiederaufladbarer Akku NiMH	
Akkuladung	Über Netzadapter 18 V DC / 1,9 A oder über KFZ-Bordnetz 12 V	
Elektrische Sicherheit	50 V CAT IV	
Abmessungen / Gewicht	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Bestellangaben

> **C.A 6470N Terca 3** **P01126506**
 Lieferung mit Netzladegerät und 2-adrigem Netzkabel, 1 Software für Export der Messergebnisse + USB-Anschlusskabel mit opt. Schnittstelle, 5 Bedienungsanleitungen auf CD-ROM (1 pro Sprache), 5 Kurzanleitungen (1 pro Sprache), 5 Etiketten mit Kenndaten (1 pro Sprache).



Zubehör / Ersatzteile

Software für Messdatenauswertung DataView® P01102095
 Adapter für Akkuaufladung am Zigarettenanzünder..... P01102036
 Optisches Schnittstellenkabel RS232 P01295252
 Netzanschlusskabel GB P01295253
 Satz Sicherungen 5 x 20 mm,
 0,63 A - 250 V - 1,5 kA (10 Stck)..... AT0094
 Netzladegerät P01102035
 Akkupack P01296021
 Optisches USB- Kabel HX0056-Z

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen: siehe Seite 28

Erdungs- und spez. Erdwiderstandsprüfer für Experten

C.A 6471

Ein Erdungs- und spez. Erdwiderstandsprüfer, der die Reihe der multifunktionalen Chauvin Arnoux Erdungsprüfer nach oben ergänzt. Er integriert fünf Geräte in einem: Erdungsprüfer, selektiver Erdungsprüfer, spez. Erdwiderstandsmesser, Erdkopplungsmesser und Durchgängigkeitsprüfer. Das Ganze in einem soliden und abgedichteten Gehäuse für den Einsatz im Gelände. Das Gerät ist einfach zu benutzen und bietet hohen Bedienkomfort: große beleuchtete Anzeige, farbcodierte Anschlussbuchsen, Drehschalter für direkte Funktionsanwahl... Die Benutzung des Geräts ist absolut sicher und die Messergebnisse sind auch bei hohen Erdwiderständen zuverlässig



C.A 6471

Ergonomie

- Robustes, abgedichtetes und baustellentaugliches Gehäuse
- Große, beleuchtete, hervorragend ablesbare multifunktionale LCD-Anzeige
- Bedienungsfreundliches Gerät
- Automatische Erkennung von Anschlussfehlern
- Problemloser Anschluss durch farbgekodierte Anschlussklemmen und Leitungen
- Hohe Bediensicherheit durch Anzeige der Anschlüsse auf dem Bildschirm
- Datenübermittlung durch USB-Anschluss
- Geeignet für die Benutzung der DataView®-Software



DataView®

Messfunktionen

- Erdungsmessung nach dem 3-Pol- oder 4-Pol-Verfahren
- Selektive Erdungsmessung nach dem 4-Pol-Verfahren mit Messzange oder als Schleifenmessung mit 2 Messzangen
- Automatische Berechnung des spez. Erdwiderstands nach dem Wenner- oder Schlumberger-Verfahren
- Messung der Erdungskopplung
- Durchgangsprüfung mit 200 mA
- Frequenz des Messsignals von 41 Hz bis 512 Hz (mit Hilfserdern) und von 128 Hz bis 1758 Hz (selektive Messung mit Messzangen)
- Widerstandsmessung der Hilfserder
- Hohe Unterdrückung von Störspannungen bis zu 60 V_{Spitze}
- Messdatenspeicherung

Netzunabhängigkeit

- Akku-Betrieb
- Netzladegerät und Adapter für Akkuladung über Kfz-Bordnetz (Zigarettenanzünder)



C.A 6471

Funktionsumfang		
<i>Messungen mit 2 Messzangen</i>	Messbereich	0,01 Ω bis 500 Ω
	Auflösung	0,01 Ω bis 1 Ω
	Messfrequenz	Auto: 1367 Hz ; Manuell: 128 Hz - 1367 Hz - 1611 Hz - 1758 Hz
<i>3-Pol-Messungen</i>	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	Nennspannung 16 V oder 32 V RMS, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 512 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	\pm 2% der Anzeige \pm 1 Digit bei 128 Hz
<i>4-Pol-Messungen, 4-Pol-Messungen + Messzange</i>	Messbereich	0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,001 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 512 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	\pm 2% der Anzeige \pm 1 Digit
<i>Spez. Erdwiderstand</i>	Messart	Nach Wenner- oder Schlumberger-Verfahren mit automatischer Berechnung und Anzeige der Ergebnisse in Ω -Meter oder Ω -Fuß
	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω ; ρ max: 999 k Ω m
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 512 Hz, wählbar
<i>Messung von externen Spannungen</i>	Messbereich	0,1 bis 65,0 V AC/DC – von DC bis 450 kHz, autom. Bereichswahl
	Genauigkeit	\pm 2% der Anzeige \pm 1 Digit
<i>Widerstandsmessung / Durchgangsprüfung</i>	Messart	2-Pol- oder 4-Pol-Messung, wählbar
	Messbereich	2-Pol: 0,01 Ω bis 99,99 k Ω / 4-Pol: 0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Genauigkeit	\pm 2% der Anzeige + 2 Digit
	Prüfspannung	16 V DC (Polarität + , - oder aut. Polwendung)
	Messstrom	> 200 mA max. bei R < 20 Ω
<i>Speicher</i>	Speicherkapazität	512 Messergebnisse
	Schnittstelle	optische USB - Schnittstelle
Technische Daten		
Stromversorgung	Wiederaufladbarer Akku NiMH	
Akkuladung	Über Netzadapter 18 V DC / 1,9 A oder über KFZ-Bordnetz 12 V	
Elektrische Sicherheit	50 V CAT IV	
Abmessungen / Gewicht	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Bestellangaben

> **C.A 6471** **P01126505**
 Lieferung mit Netzladegerät und 2-adrigem Netzkabel, 1 Software für Export der Messergebnisse + USB-Anschlusskabel mit opt. Schnittstelle, 2 Messzangen C182 mit 2 Sicherheits-Messleitungen, 5 Bedienungsanleitungen auf CD-ROM (1 pro Sprache), 5 Kurzanleitungen (1 pro Sprache), 5 Etiketten mit Kenndaten (1 pro Sprache), 1 Transporttasche



Zubehör / Ersatzteile

Software für Messdatenauswertung DataView® P01102095
 Adapter für Akkuaufladung am Zigarettenanzünder..... P01102036
 Optisches Schnittstellekabel RS232 P01295252
 Netzanschlusskabel GB P01295253
 Satz Sicherungen 5 x 20 mm, 0,63 A - 250 V - 1,5 kA (10 Stck) AT0094
 Netzladegerät P01102035
 Akkupack P01296021
 Optisches USB-Kabel HX0056-Z
 Messzange MN82 (\emptyset 20 mm) (mit 2 m langem Anschlusskabel an Klemme ES) P01120452
 Messzange C182 (\emptyset 52 mm) (mit 2 m langem Anschlusskabel an Klemme ES) P01120333

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen: siehe Seite 28

Erdungs- und spez. Erdwiderstandsprüfer für Experten

C.A 6472

Als vielseitiges Gerät ermöglicht der Erdungsprüfer C.A 6472 eine umfassende Prüfung jeder Art von Erdung, da in einem Instrument alle Erdungsmessfunktionen integriert sind. Wie alle seine Vorgänger ist der C.A 6472 in einem robusten, abgedichteten Gehäuse untergebracht und zeichnet sich durch hervorragenden Bedienkomfort aus. In Verbindung mit dem Adapter C.A 6474 ermöglicht das Gerät die Erdungsmessung von Mastfüßen und wird damit zum unverzichtbaren Hilfsmittel für die Überprüfung der Erdung von Hochspannungsleitungen.

Ergonomie

- Robustes, abgedichtetes und baustellentaugliches Gehäuse
- Große, beleuchtete, hervorragend ablesbare multifunktionale LCD-Anzeige
- Bedienungsfreundliches Gerät
- Automatische Erkennung von Anschlussfehlern
- Problemloser Anschluss durch farbkodierte Anschlussklemmen und Leitungen
- Hohe Bediensicherheit durch Anzeige der Anschlüsse auf dem Bildschirm
- Datenübermittlung durch USB-Anschluss
- Geeignet für die Benutzung der DataView®-Software



C.A 6472



DataView®

Messfunktionen

- Erdungsmessung nach dem 3-Pol- oder 4-Pol-Verfahren
- Automatische Berechnung des spez. Erdwiderstands nach dem Wenner- oder Schlumberger-Verfahren
- Selektive Erdungsmessung nach dem 4-Pol-Verfahren mit Messzange oder als Schleifenmessung mit 2 Messzangen
- Messung des Erdpotenzials in Abhängigkeit von der Entfernung
- Messung einer Masterdung (in Verbindung mit dem Adapter C.A 6474)
- Messung der Erdungskopplung
- Durchgangsprüfung mit 200 mA
- Große Auswahl an Frequenzen für das Messsignal: von 41 Hz bis 5078 Hz (mit automatischer Wahl der bestgeeigneten Messfrequenz, manueller Wahl oder mit Frequenzdurchlauf)
- Widerstandsmessung der Hilfserder
- Hohe Unterdrückung von Störspannungen bis zu 60 V_{Spitze}
- Messdatenspeicherung



Netzunabhängigkeit

- Akku-Betrieb
- Netzladegerät und Adapter für Akkuladung über Kfz-Bordnetz (Zigarettenanzünder)

C.A 6472

Funktionsumfang		
<i>Messungen mit 2 Messzangen</i>	Messbereich	0,01 Ω bis 500 Ω
	Auflösung	0,01 Ω bis 1 Ω
	Messfrequenz	Auto: 1367 Hz ; Manuell: 128 Hz - 1367 Hz - 1611 Hz - 1758 Hz
<i>3-Pol-Messungen</i>	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	Nennspannung 16 V oder 32 V RMS, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 5078 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 1 Digit bei 128 Hz
<i>4-Pol-Messungen, 4-Pol-Messungen + Messzange</i>	Messbereich	0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Auflösung	0,001 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 5078 Hz, automatisch oder manuell
	Messstrom	bis zu 250 mA
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 1 Digit
<i>Spez. Erdwiderstand, 4-Pol-Messung</i>	Messart	Nach Wenner- oder Schlumberger-Verfahren mit automatischer Berechnung und Anzeige der Ergebnisse in Ω -Meter oder Ω -Fuß
	Messbereich	0,01 Ω bis 99,99 k Ω ; ρ max: 999 k Ω m
	Auflösung	0,01 Ω bis 100 Ω
	Prüfspannung	16 V oder 32 V, wählbar
	Messfrequenz	von 41 Hz bis 128 Hz, wählbar
<i>Messung von externen Spannungen</i>	Messbereich	0,1 bis 65,0 V AC/DC – von DC bis 450 kHz, autom. Bereichswahl
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige ± 1 Digit
<i>Widerstandsmessung / Durchgangsprüfung</i>	Messart	2-Pol- oder 4-Pol-Messung, wählbar
	Messbereich	2-Pol: 0,01 Ω bis 99,9 k Ω / 4-Pol: 0,001 Ω bis 99,99 k Ω
	Genauigkeit	$\pm 2\%$ der Anzeige + 2 Digit
	Prüfspannung	16 V DC (Polarität +, - oder aut. Polwendung)
	Messstrom	> 200 mA max. bei R < 20 Ω
<i>Speicher</i>	Speicherkapazität	512 Messergebnisse
	Schnittstelle	optische USB - Schnittstelle
Technische Daten		
Stromversorgung	Wiederaufladbarer Akku	
Akkuladung	Über Netzadapter 18 V DC / 1,9 A oder über KFZ-Bordnetz 12 V	
Elektrische Sicherheit	50 V, CAT IV	
Abmessungen / Gewicht	272 x 250 x 128 mm / 3,2 kg	

Bestellangaben

> **C.A 6472** **P01126504**
 Geliefert Lieferung mit Netzladegerät und 2-adrigem Netzkabel, 1 Software für Export der Messergebnisse + USB-Anschlusskabel mit opt. Schnittstelle, 2 Messzangen C182 mit 2 Sicherheits-Messleitungen, 5 Bedienungsanleitungen auf CD-ROM (1 pro Sprache), 5 Kurzanleitungen (1 pro Sprache), 5 Etiketten mit Kenndaten (1 pro Sprache), 1 Transporttasche



Zubehör / Ersatzteile

Software für Messdatenauswertung DataView® P01102095
 Adapter für Akkuladung am Zigarettenanzünder P01102036
 Optisches Schnittstellenkabel RS232 P01295252
 Netzanschlusskabel GB P01295253
 Satz Sicherungen 5 x 20 mm, 0,63 A - 250 V - 1,5 kA (10 Stck) AT0094
 Netzladegerät P01102035
 Akkupack P01296021
 Optisches USB-Kabel HX0056-Z
 Messzange MN82 (Ø 20 mm) (mit 2 m langem Anschlusskabel an Klemme ES) P01120452
 Messzange C182 (Ø 52 mm) (mit 2 m langem Anschlusskabel an Klemme ES) P01120333

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen: siehe Seite 28

Adapter für die Messung von Masterdungen

C.A 6474

Der Adapter C.A 6474 ist in Verbindung mit dem Erdungsprüfer C.A 6472 ein unerlässliches Gerät, um die Erdung einzelner Masten und sogar jedes einzelnen Mastfußes an einer Hochspannungsleitung im Betrieb zu messen. Dank der besonderen Messtechnik lassen sich die einzelnen Widerstände eines Masts messen, ohne jeden gefährlichen oder aufwändigen Eingriff in die Erdung der Leitung über das Erdseil. Durch die Verwendung von bis zu vier biegsamen AmpFLEX™ Strommessschleifen lässt sich die Messung an jeder Art von Mast durchführen, auch bei großen Abmessungen.



C.A 6474

Ergonomie

- Robustes, abgedichtetes und baustellentaugliches Gehäuse
- Benutzung von flexiblen Strommessschleifen, mit denen sich die Mastfüße einfach umschließen lassen
- Die Messanordnung ist an jede Art von Hochspannungsmast anpassbar
- Geeignet für die Benutzung der DataView®-Software

Messfunktionen

- Messung des Erdungswiderstands von einzelnen Hochspannungsmasten: selektive Messung an jedem einzelnen Mastfuß ohne Eingriff in den Betrieb der Leitung. Messungen mit bis zu 5 kHz im automatischen Modus, mit fester Frequenzvorwahl oder Frequenzdurchlauf.
- Messung des Gesamt-Erdungswiderstands des Masts
- Messung des Erdungswiderstands an jedem einzelnen Mastfuß
- Messung der Gesamtimpedanz einer Hochspannungsleitung
- Überprüfung des Erdseil-Widerstands ohne Eingriff in die Leitung

Netzunabhängigkeit

- Stromversorgung über den Erdungsprüfer C.A 6472



DataView®



C.A 6474	
Funktionsumfang	
Messungen	Gesamt-Erdungswiderstand eines Masts Erdungswiderstand jedes einzelnen Mastfußes Gesamt-Impedanz der Erdseil-Erdung Anschlussgüte des Erdseils Aktive Messungen (Signaleinspeisung durch den Prüfer C.A 6472) Passive Messungen (durch Auswertung von Restströmen)
Messbereich	0,001 Ω bis 99,99 k Ω
Genauigkeit	\pm (5 % der Anzeige + 1 Digit)
Messfrequenz	von 41 bis 5078 Hz
Frequenzdurchlauf	Ja
Technische Daten	
Stromversorgung / Speicher / Anzeige	über Prüfer C.A 6472
Abmessungen / Gewicht	260 x 240 x 120 mm / 2,3 kg

Bestellangaben

> C.A 6474 P01126510

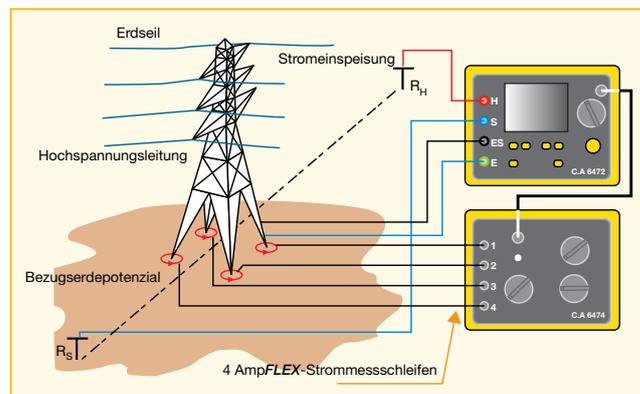
Lieferung mit einer Zubehör-Transporttasche, welche enthält:
1 Verbindungskabel zum C.A 6472, 6 Anschlusskabel BNC/BNC, 15 m lang, 4 AmpFLEX™-Strommessschleifen, 5 m lang, 1 Satz mit 12 Farb-Kennzeichnungsrings für AmpFLEX, 2 Messleitungen mit Sicherheitssteckern auf Rolle, jeweils 5 m lang (grün + schwarz), 5 Adapter mit offenem Kabelschuh / Bananenstecker \varnothing 4 mm, 3 Schraubzwingen, 1 Kalibrier-Schleife, 5 Bedienungsanleitungen und 5 Etiketten mit Kenndaten (je 1 pro Sprache)..



Die AmpFLEX™-Strommessschleifen lassen sich um jeden Mastfuß legen.

Zubehör / Ersatzteile

- Verbindungskabel CA6472-CA6474 P01295271
- Ampflex-Anschlusskabel BNC/BNC 15 m P01295272
- AmpFLEX™-Strommessschleife, 5 m P01120550
- Satz Farb-Kennzeichnungsrings für AmpFLEX™ (12 Stck) ... P01102045
- Satz Schraubzwingen (3 Stck) P01102046
- Messleitung grün, 5 m (für Klemme E) P01295291
- Messleitung schwarz, 5 m (für Klemme ES) P01295292
- Satz Adapter Kabelschuh/Bananenstecker (3Stck) P01102028
- Kalibrier-Schleife P01295294
- AmpFLEX™-Strommessschleifen: andere Längen auf Anfrage.



Messung einer Masterdung mit den C.A 6472 + C.A 6474

Zubehör für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessungen

Bei Chauvin Arnoux finden Sie qualitativ hochwertiges Messzubehör für Erdungs- und für spez. Erdwiderstandsmessungen. Die Anschlüsse sind problemlos dank eines intelligenten Systems von Farbcodes für die Leitungen und die Anschlussklemmen.

Die Länge der Kabel ist praxisgerecht auf die unterschiedlichen Anwendungsfälle der Erdungsmesskits ausgerichtet. Die Kabelrollen sind mit einem Handgriff für das bequeme Ab- und Aufrollen ausgerüstet, der sich für das platzsparende Verstauen des Messzubehörs abnehmen lässt.

Die Erdungsmesskits passen zu sämtlichen Chauvin Arnoux Erdungsprüfern, da sie sich mit den mitgelieferten Adaptern für Bananenstecker oder Gabelkabelschuhe für jede Art von Anschlussklemmen eignen.

Das Zubehör ist universal für sämtliche Verfahren der Erdungsmessung einsetzbar. Sämtliche Teile des Zubehörkits, Erdungsspieße, Leitungen, Kabelrollen, Krokodilklemmen, usw... sind in einer praktischen Zubehörtasche mit mehreren Fächern bequem und ordentlich transportierbar.



Zubehörsatz für Erdungsmessungen nach dem 3-Pol-Verfahren



Zubehörsatz für Erdungs- und spezifische Erdwiderstandsmessungen nach jedem beliebigen Verfahren

Lieferumfang		
Zubehörset für Erdungsmessung 1-polig (1 Erdspeiß)		1 Kabeltrommel, 30 m, grün + 1 T-Erdspeiß
Zubehörset für Erdungsmessung 3-polig (2 Erdspeiß)	50 m	2 T-Erdspeiß, 2 Kabeltrommeln (50 m rot und 50 m blau) 1 Haspel (10 m grün), 1 Hammer 5 Adapter Kabelschuh/Bananenstecker Ø 4 mm, 1 Transporttasche „Standard“
	100 m	2 T-Erdspeiß, 2 Kabeltrommeln (100 m rot und 100 m blau) 1 Haspel (10 m grün), 1 Hammer 5 Adapter Kabelschuh/Bananenstecker Ø 4 mm, 1 Transporttasche „Standard“
	150 m	2 T-Erdspeiß, 2 Kabeltrommeln (150 m rot und 150 m blau) 1 Haspel (10 m grün), 1 Hammer 5 Adapter Kabelschuh/Bananenstecker Ø 4 mm, 1 Transporttasche „Standard“
Zubehörset für Erdungs- und spez. Erdwiderstandsmessung	100 m	4 T-Erdspeiß, 4 Kabeltrommeln (100 m rot, 100 m blau, 100 m grün, 30 m schwarz) 1 Haspel (10 m grün), 1 Hammer 5 Adapter Kabelschuh/Bananenstecker Ø 4 mm, 1 Transporttasche „Prestige“
	150 m	4 T-Erdspeiß, 4 Kabeltrommeln (150 m rot, 150 m blau, 100 m grün, 30 m schwarz) 1 Haspel (10 m grün), 1 Hammer 5 Adapter Kabelschuh/Bananenstecker Ø 4 mm, 1 Transporttasche „Prestige“
Ergänzungsset für Erdwiderstandsmessung	100 m	2 Kabeltrommeln (100 m grün, 30 m schwarz) 1 Transporttasche „Standard“, 2 T-Erdspeiß
Ergänzungsset für Durchgangsprüfung C.A 647X (Stellung $\mu\Omega$)		4 Messleitungen, 1,5 m lang, mit Bananensteckern Ø 4 mm, 4 Krokodilklemmen, 2 Prüfspitzen

Bestellangaben

- > Zubehörset für Erdungsmessung 1-polig, 30 m P01102020
- > Zubehörset für Erdungsmessung 3-polig, 50 m P01102021
- > Zubehörset für Erdungsmessung 3-polig, 100 m P01102022
- > Zubehörset für Erdungsmessung 3-polig, 150 m P01102023
- > Zubehörset für Erdungs- & Erdwiderstandsmessung, 100 m P01102024
- > Zubehörset für Erdungs- & Erdwiderstandsmessung, 150 m P01102025
- > Ergänzungsset Erdwiderstandsmessung (100 m) P01102030
- > Ergänzungsset Durchgangsprüfung P01102037
C.A 647X (Stellung $\mu\Omega$)

Zubehör / Ersatzteile

- > Für Erdungs- & spez. Erdwiderstandsmessung:
- Haspel 10 m grün P01102026
- Satz Adapter Kabelschuh/Bananenstecker 4 mm (5 Stck) P01102028
- Satz Griffe für Kabelrollen (4 Stck) P01102029
- 1 T-Erdspeiß P01102031
- Strommesszange C172 P01120310
- Kabeltrommel, rot 150 m P01295260
- Kabeltrommel, rot 100 m P01295261
- Kabeltrommel, rot 50 m P01295262
- Kabeltrommel, blau 150 m P01295263
- Kabeltrommel, blau 100 m P01295264
- Kabeltrommel, blau 50 m P01295265
- Kabeltrommel, grün 100 m P01295266
- Kabeltrommel, schwarz 30 m P01295267
- Kabeltrommel, grün 30 m P01295268
- Transporttasche „Standard“ P01298066
- Transporttasche „Prestige“ P01298067

Erdungsprüfzangen

C.A 6410, C.A 6412, C.A 6415

Mit den drei Erdungsprüfzangen C.A 6410, C.A 6412 und C.A 6415 lassen sich zusätzlich zu den klassischen Verfahren Erdungsprüfungen sicher und einfach durchführen. Die Messung erfolgt ohne Auftrennen des Erdungs-Trennstegs und ohne das Einstechen von Hilfserdern. Die Prüfzangen sind sehr einfach zu benutzen und es genügt, den zu prüfenden Erdleiter mit ihnen zu umschließen. Außerdem können mit ihnen in die Erde abfließende Fehlerströme gemessen werden. Die Messzangen werden in praktischen Tragekoffern geliefert und sind unverzichtbare Werkzeuge für die Wartung von Elektro-Installationen.

Ergonomie

- Einfache Durchführung von Erdungsprüfungen
- Robuste Geräte für intensiven Vor-Ort-Einsatz
- Bedienungsfreundliche Gestaltung und perfekte Handhabung
- Anzeige von Messfehlern (Störströme, Zange nicht geschlossen, usw...) durch Symbole
- LCD-Anzeige mit 3 000 Digits

Messfunktionen

- Erdschleifenmessungen von: 0,1 bis 1 200 Ω
- Direkte Messung von Leckströmen von 1 mA bis 30 A (C.A 6412 + C.A 6415)
- Speicherung von bis zu 99 Messungen (Modell C.A 6415)
- Einstellbare Grenzwerte (Modell C.A 6415)
- Hohe Rausch-Unterdrückung für unproblematischen Einsatz in der Nähe von Verteiler-Leitungen oder Trafo-Stationen

Netzunabhängigkeit

- Batterie-Betrieb
- Für bis zu 1 000 Messungen von jeweils 30 Sekunden



C.A 6410



C.A 6412



C.A 6415



Aufbau der Zangen-Messbacken

Die Zangenbacken sind das Schlüsselement jeder Erdungsprüfzange und entscheiden über die Leistungsfähigkeit des Produkts. Die Erdungsprüfzangen von Chauvin Arnoux verfügen über zwei geschirmte und voneinander unabhängige magnetische Messkreise, so dass störendes Rauschen weitestgehend unterdrückt werden kann. Der mechanische Aufbau gewährleistet die präzise mechanische Schließung der Backen, um die optimale Messgenauigkeit zu erreichen. Die glatte Bearbeitung der Kontaktflächen verhindert die Anlagerung von Fremdkörpern, die die Messungen verfälschen könnten.

	Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
Funktionsumfang			
Erdungswiderstand	0,00 bis 1,00 Ω	0,01 Ω	± 2 % Anz. ± 2 Digit
	1,0 bis 50,0 Ω	0,1 Ω	$\pm 1,5$ % Anz. ± 1 Digit
	50,0 bis 100,0 Ω	0,5 Ω	± 2 % Anz. ± 1 Digit
	100 bis 200 Ω	1 Ω	± 3 % Anz. ± 1 Digit
	200 bis 400 Ω	5 Ω	± 6 % Anz. ± 1 Digit
	400 bis 600 Ω	10 Ω	± 10 % Anz. ± 1 Digit
	600 bis 1200 Ω	50 Ω	± 25 % Anz. ± 1 Digit
Ströme / Leckströme (außer C.A 6410)	1 bis 299 mA	1 mA	$\pm 2,5$ % Anz. ± 2 Digit
	0,300 bis 2,999 A	0,001 A	$\pm 2,5$ % Anz. ± 2 Digit
	3,00 bis 29,99 A	0,01 A	$\pm 2,5$ % Anz. ± 2 Digit
Messfrequenz	2403 Hz		
Strommessfrequenz	47 bis 800 Hz		
Anzeige von Messfehlern	Symbole für Störströme und schlechte Schließung der Backen		
Alarmer (außer C.A 6410 & C. A 6412)	einstellbar		
Speicherung (außer C.A 6410 & C. A 6412)	99 Messwerte		
Technische Daten			
Stromversorgung	1 x 9 V-Batterie		
Anzeige	LCD - 3000 Digit		
Elektrische Sicherheit	IEC 61010 - CAT III 150 V		
Abmessungen / Gewicht	55 x 100 x 240 mm / 1 kg		

Bestellangaben

- > C.A 6410 P01122011D
- > C.A 6412 P01122012D
- > C.A 6415 P01299916

Jede Erdungsprüfzange wird in einem Transportkoffer, einer Kalibrierschleife, einer 9 V-Batterie, und einer Bedienungsanleitung in 5 Sprachen geliefert.

Zubehör / Ersatzteile

- Kalibrierschleife P01122301
- Transportkoffer MLT 100 P01298011



Europas Spitzenreiter in der Messtechnik

Drei sich ergänzende Fachbereiche,
weltweite Erfahrung

Die Chauvin Arnoux Gruppe ist heute ein weltweit anerkannter Hersteller von Mess- und Prüfgeräten für Elektrik, Elektronik und physikalische Größen, von Kontroll- und Steuerungssystemen für elektrische Anlagen und das Energiemanagement, sowie von Systemen für die Temperaturmess- und Regeltechnik.

Tagtäglich neue Ideen und Konzepte entwickeln, um sich mit der Zukunft messen zu können

Von der Fertigung unserer Produkte aus einfachen Rohstoffen bis zur Bereitstellung von hochwertigen Dienstleistungen sind unsere Teams tagtäglich damit beschäftigt, umfassende und zukunftssichere Lösungen für Ihre Bedürfnisse zu entwickeln, vom Anwender in der Großindustrie bis zum Handwerksbetrieb.

Datenblätter und Kataloge zum download verfügbar



Ihr Fachhändler



PEWA
Messtechnik GmbH

Weidenweg 21
58239 Schwerte

Tel.: 02304-96109-0
Fax: 02304-96109-88
E-Mail: info@pewa.de
Homepage : www.pewa.de

