

Alles was Sie über Isolationsmessungen wissen sollten



Isolationmessungen

Sämtliche elektrischen Anlagen und Geräte müssen bestimmte Isolationseigenschaften aufweisen, da sie sonst nicht sicher betrieben werden könnten. Jedes Anschlusskabel, jeder Schalter und vor allem die Sicherheitseinrichtungen an elektrischen Antrieben oder Stromerzeugern müssen mit Werkstoffen isoliert sein, die einen besonders hohen Widerstand haben, so dass der Strom nur in den für ihn bestimmten Leitern fließt.

Im Laufe der Jahre lässt die Qualität dieser Isolierwerkstoffe jedoch aufgrund von Beanspruchungen und Umwelteinflüssen nach. Sie verlieren ihren hohen elektrischen Widerstand und lassen Leck- oder Fehlerströme entstehen, die ihrerseits zu Elektrounfällen, Schäden an Maschinen und Ausrüstungen und schließlich zu kostspieligen Produktionsausfällen in Gewerbe und Industrie führen können.

Neben der Eingangsprüfung bei der Inbetriebnahme von neuen oder reparierten Geräten oder Anlagen sind regelmäßige Isolationmessungen jedoch auch sehr sinnvoll, da man mit ihnen die Alterung der Isolierung entdecken kann und sich vorbeugende Wartungsmaßnahmen ergreifen lassen. Unfälle und Schäden lassen sich so vermeiden, bevor sich die Isolationseigenschaften soweit verschlechtern, dass sie zu einer Gefahr werden.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir uns nun den messtechnischen Fragen zuwenden. Oftmals werden zwei unterschiedliche Messverfahren verwechselt: die Messung der Durchschlagspannungsfestigkeit und die Messung des Isolationswiderstands.

Die Durchschlagspannungsfestigkeit oder kürzer auch als Durchschlagfestigkeit bezeichnet, ist diejenige Spannung, mit der ein Isolator für eine gewisse Zeit belastet werden kann, bevor sich ein Funkendurchschlag ereignet. In der Praxis kommen solche hohen Spannungen bei einem Blitzschlag vor oder durch Induktionsphänomene bei Fehlern in Hochspannungsleitungen. Die Prüfung der Durchschlagfestigkeit stellt sicher, dass die geforderten Konstruktionsmerkmale bei den Kriechwegen und den Isolationsabständen eingehalten wurden. Diese Prüfung wird oft mit einer Wechselspannung durchgeführt, kann aber auch mit Gleichspannung vorgenommen werden. Für die Messung wird ein **Durchschlagfestigkeitsprüfer** verwendet, der die beim Durchschlag erreichte Spannung in Kilovolt (kV) anzeigt. Die Prüfung der Durchschlagfestigkeit ist meist zerstörend für das Prüfobjekt, sie wird deshalb fast nur bei Typprüfungen für die Zulassung von neuen oder instand gesetzten Geräten oder Anlagen verwendet.

Die Messung des Isolationswiderstands ist dagegen unter normalen Umständen zerstörungsfrei. An das Prüfobjekt wird eine Gleichspannung gelegt, die sehr viel niedriger ist als die Durchschlagspannung, dann misst man den fließenden Strom und drückt das Ergebnis in k Ω , M Ω , G Ω oder sogar T Ω aus.

Dieser Widerstand ist ein Maß für die Güte des Isolators, der zwei Leiter voneinander trennt. Diese zerstörungsfreie Messung ist besonders geeignet für die Überwachung der Alterung von Isolierwerkstoffen während der Betriebszeit eines elektrischen Geräts oder einer Anlage. Die Messung wird mit einem Isolationsprüfer vorgenommen, die üblicherweise auch **Megohmmeter** genannt werden.

Isolierungen und Ausfallursachen von Isolierungen

Die Messung des Isolationswiderstands mit einem Megohmmeter ist eine Maßnahme der vorbeugenden Wartung. Daher ist es wichtig, die Gründe für die Verschlechterung der Isolationsfähigkeit zu kennen, um die Messungen und die Abhilfemaßnahmen optimal einplanen zu können.

Die Ursachen für den Ausfall von Isolierungen lassen sich in fünf Gruppen einteilen, wobei stets zu beachten ist, dass sich die Ursachen addieren und die Ausfälle beschleunigen, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Elektrische Belastungen:

Diese Belastungen entstehen vor allem durch Überspannungen und teilweise auch durch Unterspannungen.

Mechanische Belastungen:

Dazu gehören vor allem die Belastungen durch häufiges Ein- und Ausschalten, Vibrationen durch Unwuchten an elektrischen Maschinen, Schläge, Stöße, Quetschungen an elektrischen Anlagen, Abknicken von Kabeln, usw...

Chemische Belastungen:

Die Nähe zu chemisch aggressiven Stoffen, der Einfluss von Ölen, Fetten oder ätzenden Dämpfen und nicht zuletzt das Vorhandensein von Staub beeinträchtigen die Isolationseigenschaften von Werkstoffen erheblich.

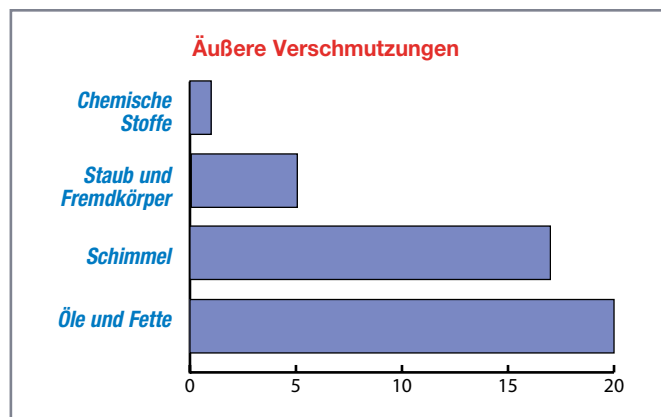
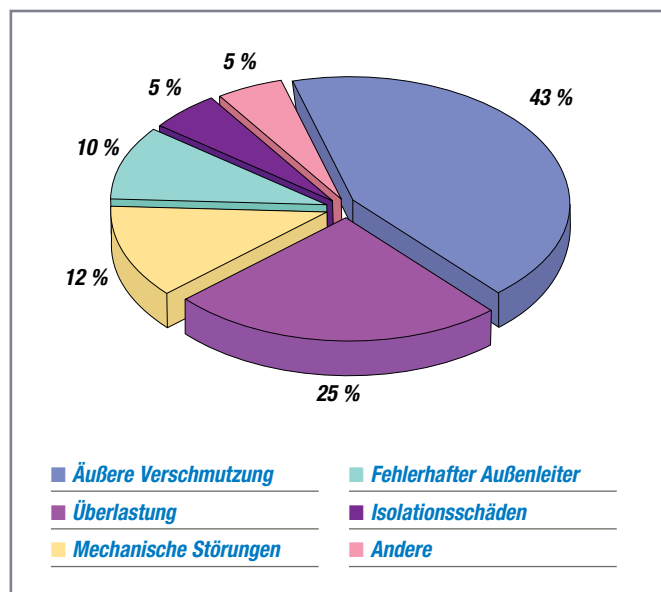
Temperaturschwankungen:

In Verbindung mit den mechanischen Belastungen durch häufiges Ein- und Ausschalten ergeben sich auch Belastungen durch die Ausdehnung und das Zusammenziehen von Isolationswerkstoffen bei Erwärmung oder Abkühlung. Auch längerer Betrieb bei Extremtemperaturen führt zum vorschnellen Altern der Werkstoffe.

Umwelteinflüsse:

Schmutz und Feuchtigkeit, sowie Schimmelbildung in warmfeuchten Umgebungen haben ebenfalls einen großen Einfluss auf die Isolationseigenschaften von Werkstoffen.

Die folgende Grafik veranschaulicht die Verteilung der Ausfallursachen bei elektrischen Antrieben:



Neben plötzlichen Ausfällen der Isolation, die durch außergewöhnliche Einflüsse bedingt sind, wie z.B. Überschwemmungen, gibt es langsame Beeinträchtigungen der Isolationseigenschaften, die praktisch mit der Inbetriebnahme beginnen, die sich teilweise gegenseitig verstärken und die ohne Abhilfemaßnahmen langfristig zu erheblichen Risiken für die Sicherheit der Mitarbeiter und die Verlässlichkeit der Arbeitsabläufe führen. Nur durch die regelmäßige Überwachung der Isolierung von Geräten und Anlagen lassen sich solche Beeinträchtigungen früh genug entdecken und geeignete Abhilfemaßnahmen vor einem Komplettausfall einleiten.

Prinzip der Isolationsmessung und Einflussfaktoren

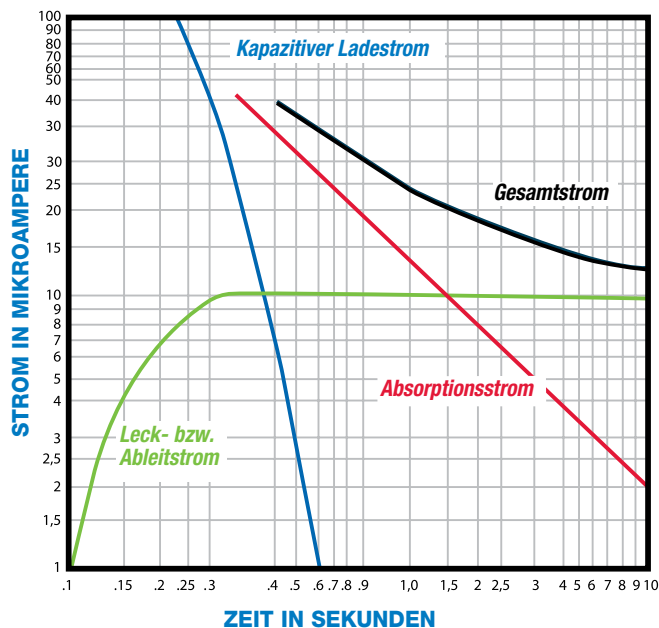
Die Messung des Isolationswiderstands beruht auf dem berühmten ohm'schen Gesetz: indem man an das Prüfobjekt eine Gleichspannung legt, die geringer als die Durchschlagsspannung ist, und den über das Objekt abfließenden Strom misst, lässt sich der Widerstandswert einfach ermitteln. Grundsätzlich sind Isolationswiderstände sehr hoch (sonst hätte man es ja nicht mit einem Isolator zu tun...) aber eben nicht unendlich. Die angelegte Spannung führt daher zu einem wenn auch geringen Strom der vom Megohmmeter gemessen wird und erlaubt, den Widerstandswert in $k\Omega$, $M\Omega$, $G\Omega$ oder bei einigen Modellen sogar in $T\Omega$ anzuzeigen. Dieser Widerstand ist das Maß für die Güte der Isolation zwischen zwei Leitern und mit ihm lassen sich die Werte für die möglichen Ableitströme berechnen.

Die Messung des Isolationswiderstands, d.h. des über das Prüfobjekt abfließenden Stroms bei Anlegen einer konstanten Prüfspannung, wird durch eine Anzahl Faktoren beeinflusst. Dazu gehören z.B. die Temperatur und die Feuchtigkeit, die das Messergebnis erheblich verändern können. Aber zuerst wollen wir die Arten der bei einer Isolationsmessung fließenden Ströme untersuchen, ohne diese externen Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Der durch den Isolationskörper fließende Strom setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

- Dem kapazitiven Ladestrom, der fließt, bis die Kapazität der zu prüfenden Isolation auf die angelegte Prüfspannung aufgeladen ist. Dieser Strom ist stark veränderlich: er ist zu Beginn sehr hoch und nimmt dann exponentiell bis auf einen Wert nahe Null ab, sobald die Kapazität der zu prüfenden Isolation gesättigt ist – wie bei einem Kondensator, nachdem er auf eine bestimmte Spannung aufgeladen wurde. Nach wenigen Sekunden bis zu einigen 10 Sekunden spielt dieser kapazitive Ladestrom für die Messung praktisch keine Rolle mehr.
- Dem dielektrischen Absorptionsstrom. Dieser Strom dient dazu, die Moleküle des Dielektrikums, aus dem der Isolator besteht, entsprechend dem angelegten elektrischen Feld umzuorientieren. Dieser Strom nimmt sehr viel langsamer ab als der kapazitive Ladestrom: es kann einige Minuten dauern bis er einen Wert nahe Null erreicht.
- Dem eigentlichen Leckstrom, der durch den Isolator fließt. Dieser Strom ist ein Maß für die Güte des Isolators und er ändert sich während einer Messung praktisch nicht. Dieser Strom wird auch Ableitstrom genannt.

Die folgende Grafik zeigt den zeitlichen Verlauf dieser drei Teilströme. Die Zeitangabe an der X-Achse in Sekunden dient nur zur Information und kann je nach der zu prüfenden Isolation stark schwanken.



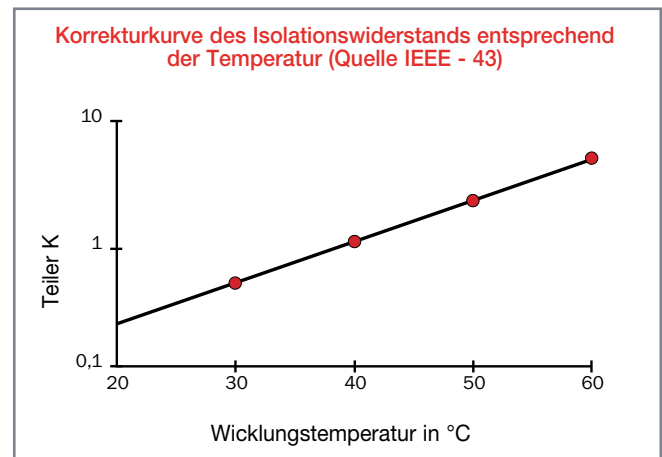
Der über die Isolation bei konstanter Prüfspannung abfließende Gesamtstrom unterliegt also mit der Zeit einer starken Abnahme oder in anderen Worten: der Isolationswiderstand nimmt mit der Zeit stark zu.

Bevor wir uns mit den Einzelheiten der unterschiedlichen Messarten beschäftigen, sollten wir noch mal auf die beiden wichtigsten Einflussfaktoren auf die Messungen zu sprechen kommen.

Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit:

Bei Temperaturveränderungen ändert sich der Isolationswiderstand nach einem quasi-exponentiellen Gesetz. Als Beispiel und in grober Annäherung kann man sagen, dass eine Temperaturerhöhung um 10 °C den Isolationswiderstand praktisch halbiert und umgekehrt eine Abkühlung um 10 °C den Isolationswiderstand verdoppelt. Im Rahmen einer vorbeugenden Wartung ist es daher empfehlenswert, die Messungen stets bei derselben Temperatur vorzunehmen oder sie, falls dies nicht möglich ist, immer auf dieselbe Referenz-Temperatur umzurechnen (siehe Diagramm unten).

Die Feuchtigkeit des Isolationsmaterials und auch die relative Luftfeuchtigkeit im Messraum spielen eine wichtige Rolle, da sie die Oberflächenleitung auf dem Isolator stark beeinflussen. Auf keinen Fall sollte eine Isolationsmessung vorgenommen werden, wenn die Temperatur unter den so genannten Taupunkt abgefallen ist.



Messverfahren und Interpretation der Messergebnisse

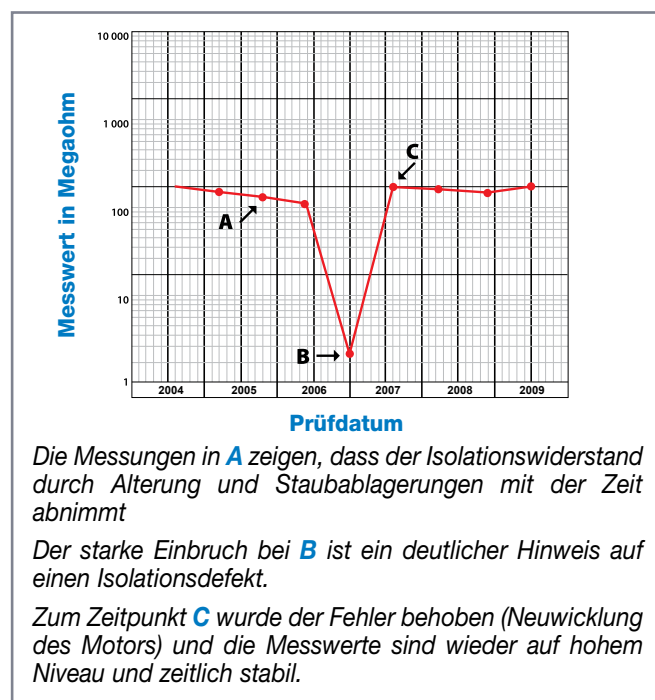
Punktuelle oder Kurzzeit-Messungen

Dieses Messverfahren ist das einfachste: die Prüfspannung wird nur für eine kurze Zeit angelegt (30 oder 60 Sekunden) und man misst den aktuellen Isolationswiderstand. Wie bereits oben ausgeführt, unterliegt diese direkte Messung des Isolationswiderstands stark den Einflüssen von Temperatur und Feuchtigkeit. Man sollte also den Messwert auf eine Standard-Temperatur umrechnen und die Feuchtigkeit messen, damit die aktuelle Messung mit früheren Messungen verglichen werden kann. Mit diesem Messverfahren lassen sich Entwicklungstendenzen recht gut feststellen und es kann wertvolle Hinweise zur zeitlichen Veränderung von Isolationseigenschaften eines Geräts oder einer Anlage geben.

Dieser punktuelle Messwert ist auch gut geeignet, um die Einhaltung von Mindestwerten zu kontrollieren, die in den entsprechenden Normen für elektrische Geräte und Anlagen gefordert werden.

Unter gleich bleibenden Messbedingungen (gleiche Prüfspannung, gleiche Messdauer, gleiche Temperatur usw...) bieten regelmäßige Messungen des Isolationswiderstands einen guten Überblick über den Zustand der Isolation an Geräten und Anlagen. Dabei zählt nicht so sehr der aktuelle Messwert, sondern die zeitliche Entwicklung der Messergebnisse. Ein relativ geringer Isolationswiderstand, der aber über eine lange Zeit stabil bleibt, ist wesentlich unbedenklicher als ein hoher Wert, der mit der Zeit stark abnimmt, auch wenn er immer noch über den geforderten Minima liegt. Allgemein lässt sich sagen, dass jeder plötzliche Rückgang des Isolationswiderstands Anlass zu weiteren Nachforschungen geben sollte.

Die folgende Grafik zeigt ein Beispiel für die Entwicklung des Isolationswiderstands an einem Elektromotor über die Zeit.



Messverfahren mit Auswertung der zeitlichen Entwicklung bei anliegender Prüfspannung

Bei diesen Messverfahren werden die unterschiedlichen Messwerte des Isolationswiderstands zu verschiedenen Zeitpunkten ausgewertet. Diese Verfahren sind weitgehend temperaturunabhängig und erfordern daher keine aufwändige Umrechnung auf eine Referenztemperatur, vorausgesetzt natürlich, dass sich die Temperatur des Prüfobjekts während der Messung nicht allzu sehr ändert.

Diese Verfahren sind sehr gut für die vorbeugende Wartung von Antrieben und die Überwachung von deren Isolation geeignet.

Wenn die Isolation in Ordnung ist, ist der Leck- bzw. Ableitstrom sehr gering und zu Beginn ist die Messung daher stark vom kapazitiven Ladestrom und dem dielektrischen Absorptionsstrom bestimmt. Solange die Prüfspannung anliegt, steigt der gemessene Isolationswiderstand allmählich an, da diese beiden Ströme mit der Zeit abnehmen. Die Zeit, bis zu der sich dann ein stabiler Messwert für den Isolationswiderstand einstellt, ist stark von der Art des Isolationsmaterials abhängig.

Im Falle einer schlechten Isolation (beschädigt, verschmutzt, feucht) ist der zeitlich konstante Leckstrom sehr hoch und übertrifft den Lade- bzw. Absorptionsstrom. Der gemessene Isolationswiderstand erreicht folglich recht schnell einen stabilen Wert.

Durch die Analyse der zeitlichen Entwicklung des Isolationswiderstands während einer Messung lassen sich also Rückschlüsse auf die Qualität der Isolation ziehen. Dazu benötigt man auch keinen Vergleich mit früheren Messwerten, aber für die vorbeugende Wartung ist es dennoch empfehlenswert, die Messungen regelmäßig vorzunehmen und aufzuzeichnen. Denn gerade der Vergleich der Änderungen über der Zeit liefert wie im Falle der punktuellen oder Kurzzeit-Messungen wertvolle Hinweise: plötzliche und starke Änderungen ohne bekannte äußere Einwirkung sind immer ein Hinweis auf Probleme.

Polarisationsindex (PI)

Bei diesem Messverfahren mit Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung werden zwei Messungen vorgenommen: die erste 1 Minute und die zweite 10 Minuten nach Anlegen der Prüfspannung. Das Verhältnis der beiden Werte des gemessenen Isolationswiderstands ist eine einheitslose Größe und wird Polarisationsindex (PI) genannt. Er liefert ein gutes Maß für die Güte einer Isolation.

Die IEEE-Norm 43-2000

Die „Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery“ legt für die Prüfung des Isolationswiderstands von elektrischen Gleichstrom- und Wechselstrom-Antrieben der Temperaturklassen B, F und H einen Mindestwert von 2,0 für den Polarisationsindex fest. Allgemein gilt: ein PI höher als 4 kennzeichnet eine sehr gute Isolation, ein PI geringer als 2 deutet auf mögliche Isolationsprobleme hin.

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Messung des Polarisationsindex nur für feste Isolationswerkstoffe geeignet ist. Bei ölgekühlten Transformatoren z.B. sagt der PI nichts aus, da bei ihnen die Umorientierung der Moleküle im beweglichen Ölbad ständig neu stattfindet. Der gemessene PI wäre also fast 1 obwohl die Isolation sehr gut ist.

$$PI = R_{\text{Isolation nach 10 Minuten}} / R_{\text{Isolation nach 1 Minute}}$$

Dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR)

An elektrischen Anlagen oder Geräten mit Isolierwerkstoffen, in denen der dielektrische Absorptionsstrom sehr schnell abnimmt, ermöglicht die Messung des Isolationswiderstands nach 30 Sekunden und nach 60 Sekunden die Berechnung des dielektrischen Absorptionsverhältnisses DAR. Diese ebenfalls einheitslose Größe ist wie folgt definiert:

$$DAR = R_{\text{Isolation nach 60 Sekunden}} / R_{\text{Isolation nach 30 Sekunden}}$$

Die Ergebnisse sind wie folgt zu interpretieren:

DAR-Wert	Isolationsgüte
< 1,25	Ungenügend
< 1,6	O.K.
> 1,6	Hervorragend

Messverfahren mit stufenweiser Erhöhung der Prüfspannung (Rampenfunktion)

Wenn die Oberfläche eines Isolators verschmutzt (Staub, Öle, Fette, ...) oder feucht ist, lässt sich das im Allgemeinen recht gut durch die Messverfahren mit der zeitlichen Entwicklung des Isolationswiderstands (PI-, DAR-Messung) feststellen. Die Alterung von Isolierwerkstoffen oder mechanische Beschädigungen lassen sich jedoch oftmals mit einer Prüfspannung, die weit unterhalb der Durchschlagspannung des betreffenden Werkstoffs liegt, nicht entdecken. Eine kräftige Erhöhung der Prüfspannung kann Durchschläge an Schwachpunkten der Isolierung bewirken, was zu einem deutlichen Rückgang und teilweise zu unstabilen Werten des Isolationswiderstands führt.

Um aussagekräftig zu sein, sollten die Spannungsstufen in zwei Stufen im Verhältnis 1 zu 5 durchgeführt werden. Jede Spannungsstufe sollte gleichlang anliegen (typischerweise 1 Minute), wobei die maximale Prüfspannung noch weit unter der Spannungsfestigkeit des betreffenden Geräts oder der Anlage liegen sollte (die Spannungsfestigkeit beträgt üblicherweise $2 U_n + 1000 \text{ V}$). Die Prüfergebnisse mit diesem Verfahren sind unabhängig von der Art der Isolierwerkstoffe oder der Temperatur, da ja nicht die erzielten absoluten Werte zählen, sondern vor allem das Verhältnis der bei den beiden unterschiedlich hohen Prüfspannungen gemessenen Isolationswiderstände.

Eine Verringerung des Isolationswiderstands von 25 % oder mehr bei der zweiten Messung mit höherer Prüfspannung ist ein deutlicher Hinweis auf Verschmutzung des Isolierkörpers.

Messverfahren mit der dielektrischen Entladung (DD-Test)

Bei diesem dielektrischen Entladungstest wird nach der kapazitiven Entladung des Isolierkörpers der so genannte dielektrische Reabsorptionsstrom gemessen.

Bei der üblichen Messung des Isolationswiderstands besteht der gemessene Strom aus drei Teilströmen: dem kapazitiven Ladestrom, dem dielektrischen Absorptionsstrom und dem eigentlichen Leckstrom.

Die beiden erstgenannten Ströme verändern sich stark mit der Zeit, während der Leckstrom zeitlich konstant bleibt und damit die Messung der ersten beiden Ströme überdeckt. Beim dielektrischen Entladungstest wird die Prüfspannung abgeschaltet und das Prüfobjekt entladen. Nach der kapazitiven Entladung fließt noch ein dielektrischer Reabsorptionsstrom, der das Gegenstück zum dielektrischen Absorptionsstrom beim Anlegen der Prüfspannung darstellt.

Dabei wird folgendes Messprinzip verwendet: Zunächst wird das Prüfobjekt ausreichend lange aufgeladen, bis sich der Isolationswiderstand stabilisiert, d.h. der Ladestrom und der Absorptionsstrom keine Rolle mehr spielen, sondern nur noch der Leckstrom. Nun wird das Prüfobjekt über einen Widerstand im Megohmmeter entladen und der Strom gemessen. Dieser setzt sich aus dem kapazitiven Entladestrom des Isolierkörpers und dem dielektrischen Reabsorptionsstrom zusammen und hängt natürlich von der Gesamtkapazität des Prüfobjekts, sowie von der angelegten Prüfspannung ab. Üblicherweise misst man diesen Strom nach 1 Minute und berechnet daraus den Wert für den dielektrischen Entladetest DD nach der folgenden Formel:

$$DD = \text{Strom nach 1 Minute} / (\text{Prüfspannung} \times \text{Kapazität})$$

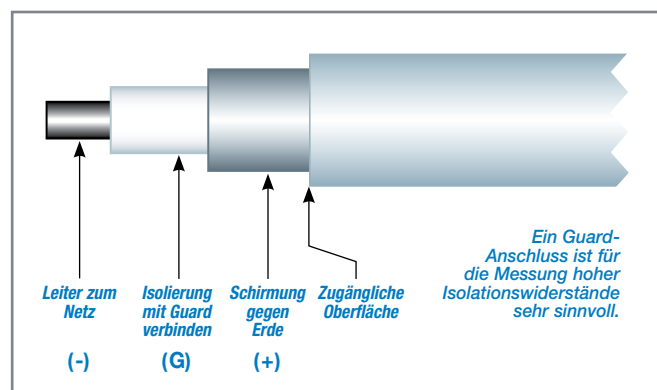
Mit dem DD-Test lassen sich übermäßige Entladeströme entdecken, die z. B. durch Defekte in einer Isolationsschicht bei mehrschichtigen Isolationen oder durch Schmutzschichten verursacht werden können. Solche Isolationsfehler lassen sich durch die punktuellen oder Kurzzeit-Messungen, oder durch die PI- und DAR-Messungen nicht entdecken. Bei einer defekten Isolierschicht misst man für eine gegebene Prüfspannung und eine bestimmte Gesamtkapazität nach einer gewissen Zeit einen höheren Entladestrom, da die Zeitkonstante der defekten Isolierschicht nicht mehr mit derjenigen der anderen Schichten übereinstimmt. Dadurch erhöht sich der Wert des Entladestroms gegenüber einer einwandfreien Isolierung. Bei einer homogenen Isolierung ist der DD-Wert praktisch Null, bei einer fehlerfreien Mehrschicht-Isolation kann der DD-Wert bis auf 2 ansteigen, darüber ist Vorsicht geboten. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die DD-Bewertungskriterien:

DD-Wert	Bewertung
> 7	Schlecht
4 bis 7	Bedenklich
2 bis 4	Zu überwachen
< 2	O.K.

Achtung: Dieses Verfahren ist temperaturabhängig. Einen DD-Test sollte man daher immer bei der Standard-Temperatur vornehmen oder zumindest sollte man die Temperatur aufschreiben, bei der das DD-Testergebnis erzielt wurde.

Messung von hohen Isolationswiderständen: Sinn und Zweck eines Guard-Anschlusses

Bei der Messung von hohen Isolationswiderständen (mehr als 1 GΩ) können die Messungen oftmals durch Kriechströme verfälscht werden, die über die Feuchtigkeit oder Schmutzbeläge an der Oberfläche des Isolators abfließen und sehr viel größere Werte erreichen als die Leckströme durch den Isolator, die man eigentlich messen möchte. Um diese Oberflächen-Kriechströme aus der Messung auszuschließen, verfügen einige Megohmmeter über einen dritten, so genannten Guard-Anschluss. Über diesen Guard-Anschluss wird der an der Oberfläche des Isolators fließende Strom abgegriffen und so an einen der Testpunkte geleitet, dass er nicht in die Messung mit eingeht (siehe schematische Darstellungen unten).



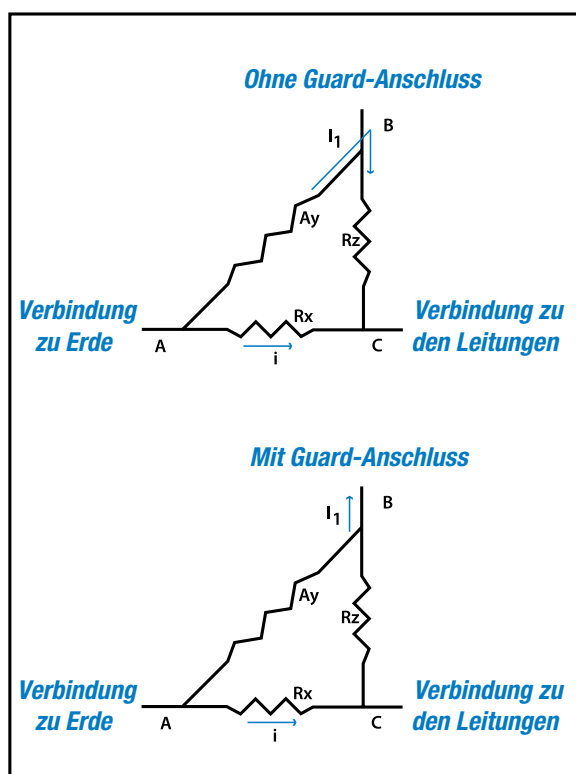
Um die Oberflächen-Kriechströme richtig abzufangen, muss der Guard-Anschluss an eine Stelle angeschlossen werden, an der die Kriechströme fließen und die nicht maßgeblich für die Eigenschaften des Isolators ist. Das sind z.B. der Außenmantel eines Kabels, die isolierende Oberfläche eines Transformators usw... Um den Guard-Anschluss richtig anzuschließen und somit eine korrekte Messung zu erhalten, ist die Kenntnis der Fließwege der Leckströme und der Oberflächen-Kriechströme im Prüfobjekt von großer Bedeutung.

Bestimmung der Prüfspannungen

Betriebsspannung im Kabel, in der Anlage	DC-Prüfspannung
24 bis 50 V	50 bis 100 Vdc
50 bis 100 V	100 bis 250 Vdc
100 bis 240 V	250 bis 500 Vdc
440 bis 550 V	500 bis 1 000 Vdc
2 400 V	1 000 bis 2 500 Vdc
4 100 V	1 000 bis 5 000 Vdc
5 000 bis 12 000 V	2 500 bis 5 000 Vdc
> 12 000 V	5 000 bis 10 000 Vdc

In der oberen Tabelle sind die in der IEEE-Norm 43-2000 empfohlenen Prüfspannungen für rotierende Maschinen in Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebsspannungen in den zu prüfenden Kabeln oder Anlagen zusammengestellt.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von internationalen und nationalen Normen für elektrische Geräte: IEC 60204, IEC 60439, IEC 60598, VDE 0701-0702, VDE 0100, ÖVE/ÖNORM E 8701, ÖVE/ÖNORM E 8001, NIN/NIV. Es empfiehlt sich jedoch in jedem Fall, den Hersteller des Geräts, des Kabels, der Anlage usw... anzusprechen, um seine Empfehlungen für die anzuwendende Prüfspannung zu erfahren.



In der oberen Schaltung, ohne Guard-Anschluss, wird sowohl der Leckstrom i durch den Isolator als auch der über die Oberfläche abfließende Kriechstrom I_1 gemessen. Der so gemessene Isolationswiderstand ist also falsch.

In der zweiten Schaltung wird nur der Leckstrom i gemessen, da der Kriechstrom I_1 über den Guard-Anschluss abfließt und somit lediglich der Widerstand des Isolators in die Messung eingeht.

Sicherheit der Prüfungen

Sicherheit der Prüfung:

A Die Prüfung muss in jedem Fall an einem **spannungslosen** und von sämtlichen Anschlüssen getrennten Objekt vorgenommen werden, um sicher zu stellen, dass die Prüfspannung nicht über andere elektrisch verbundene Objekte abfließt.

B Das zu prüfende Objekt muss entladen sein. Dazu sind z.B. die Versorgungsanschlüsse für eine ausreichend lange Zeit kurzzuschließen oder an Erde zu legen (Entladezeit beachten!).

C Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind einzuhalten, wenn sich das Prüfobjekt in einem brand- oder explosionsgefährdeten Umfeld befindet, da sich während der Entladung (vor oder nach der Prüfung) und auch während der Prüfung (z.B. bei defekter Isolation) Funken bilden können.

D Da die angelegten Prüfspannungen gefährlich hoch sein können, ist der Zugang von fremden Personen unbedingt zu verhindern und der/die Prüfer müssen persönliche Schutzausrüstung, insbesondere isolierende Handschuhe, tragen.

E Es dürfen nur für die Isolationsprüfung geeignete Messleitungen in einwandfreiem Zustand verwendet werden. Defekte Kabel führen im günstigsten Fall zu Falschmessungen und bergen in jedem Fall Gefahren.

Nach der Prüfung:

Nach einer Isolationsprüfung hat die Isolation in jedem Falle elektrische Energie aufgenommen, die vor jedem weiteren Eingriff unbedingt entladen werden muss. Eine einfache Faustregel für die Sicherheit besagt, dass man das Prüfobjekt mindestens FÜNFMAL solange entladen sollte, wie für die Aufladung benötigt wurde. Diese Entladung erfolgt durch Kurzschließen der Prüfpole und/oder deren Verbindung mit Erde. Sämtliche von Chauvin Arnoux angebotenen Megohmmeter verfügen über innere Entladeschaltungen, die eine sichere Entladung automatisch gewährleisten.

Häufige Fragen

Mein Messergebnis beträgt X Megohm – ist der Wert in Ordnung?

Auf diese Frage gibt es keine einfache Antwort, nur der Hersteller der Anlage oder die einschlägigen Normen können diese Frage beantworten. Für Niederspannungsanlagen ist ein Isolationswiderstand von 1 MΩ eine Minimalforderung.

Bei Anlagen, Objekten mit höherer Betriebsspannung kann man sagen, dass 1 MΩ pro kV erfahrungsgemäß als Mindestwert anzusehen sind. In der IEEE-Norm 43-2000 für rotierende Maschinen wird ein Mindest-Isolationswiderstand von $(n+1)$ MΩ empfohlen, wobei n die Anzahl kV der Betriebsspannung darstellt.

Welche Messleitungen sind für den Anschluss des Megohmmeters an das Prüfobjekt zu verwenden?

Die Messleitungen an Megohmmetern müssen den besonderen Anforderungen einer Isolationsmessung entsprechen, sowohl was die Höhe der eingesetzten Spannungen als auch ihren Isolationswiderstand betrifft. Ungeeignete Messleitungen können nicht nur die Messergebnisse verfälschen, sondern bergen erhebliche Gefahren für die Bediener.

Welche Vorkehrungen sind bei Messungen hoher Isolationswiderstände erforderlich?

Neben den oben genannten Sicherheitsregeln sind bei Messungen hoher Isolationswiderstände besonders die folgenden Vorkehrungen zu treffen:

- Benutzung eines Geräts mit Guard-Anschluss (siehe entsprechenden Abschnitt)
- Benutzung von sauberen und trockenen Messleitungen
- Messleitungen nicht eng nebeneinander und nicht auf andere Objekte oder die Erde legen, um Leckströme in der Messkette möglichst auszuschließen.
- Die Messleitungen während einer Messung nicht anfassen oder anders verlegen, um keine unerwünschten kapazitiven Effekte hervorzurufen.
- Bei punktuellen Messungen in jedem Fall warten, bis sich der Messwert stabilisiert.

Bei zwei Messungen nacheinander erhalte ich nicht dasselbe Ergebnis?

Tatsächlich werden Isolationswerkstoffe durch das Anlegen einer Hochspannung und durch ihr elektrisches Feld „polarisiert“, d.h. die Moleküle im Isolator richten sich aus. Nach einer Prüfung kann es daher recht lange dauern, bis der Isolator wieder den ursprünglichen Zustand einnimmt. Diese Zeit ist in bestimmten Fällen viel länger als die bereits oben angesprochene Entladezeit.

Ich kann die elektrische Anlage nicht abschalten; wie kann ich dann trotzdem die Isolation prüfen?

Falls es unmöglich ist, die elektrische Anlage oder das Prüfobjekt von der elektrischen Versorgung zu trennen, kann selbstverständlich keine „klassische“ Messung mit einem Megohmmeter stattfinden. In einigen Fällen kann man jedoch an einer laufenden Anlage eine Prüfung mit einer Leckstrom-Prüfzange vornehmen. Diese Messungen sind jedoch keinesfalls so genau wie mit einem Megohmmeter.

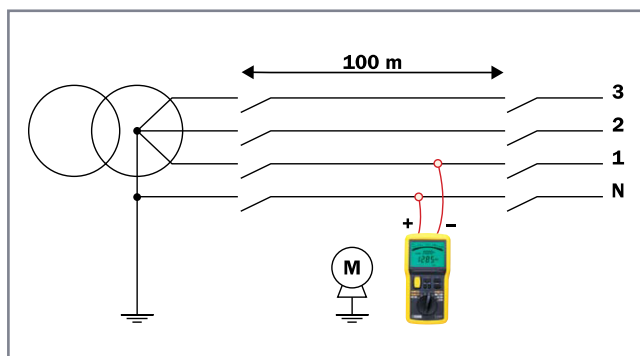
Auswahl eines Megohmmeters

Für die Auswahl des geeigneten Megohmmeters sollte man sich vor allem die folgenden Fragen stellen:

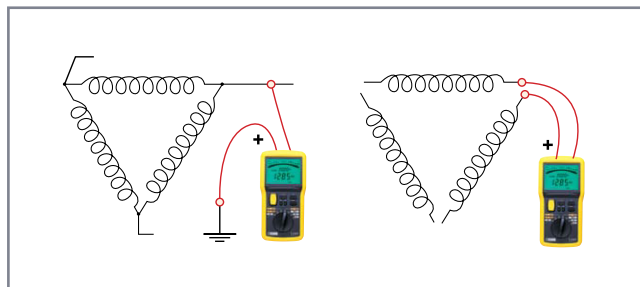
- Wie hoch ist die maximal benötigte Prüfspannung?
- Wie hoch ist der maximal zu prüfende Isolationswiderstand?
- Welches sind die anzuwendenden Prüfverfahren: punktuelle Messung, PI-Test, DAR-Test, DD-Test, Treppenspannungstest?
- Wie soll das Megohmmeter mit Strom versorgt werden? (Netz / Batterie?)
- Sollen die Messwerte gespeichert werden?

Einige Beispiele für Isolationsmessungen

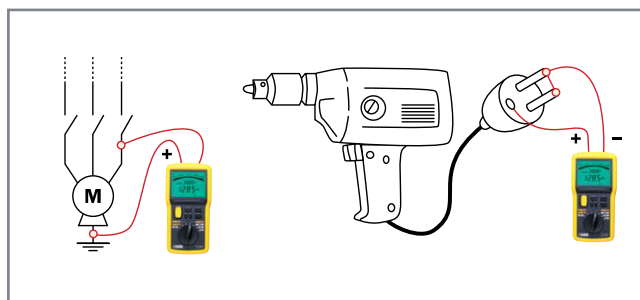
■ Isolationsmessung an einer elektrischen Anlage



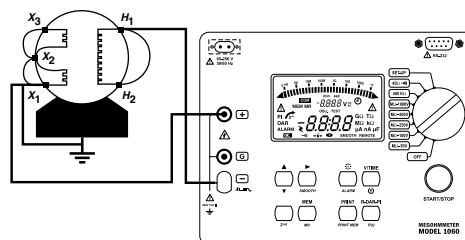
■ Isolationsmessung an einer rotierenden Maschine



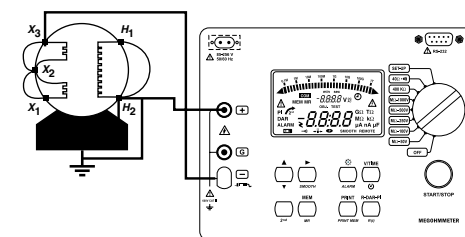
■ Isolationsmessung an einem Elektromotor und einem Elektrogerät



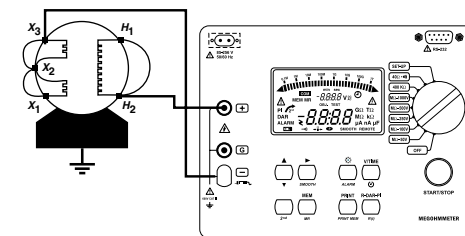
■ Isolationsmessung an Transformatoren



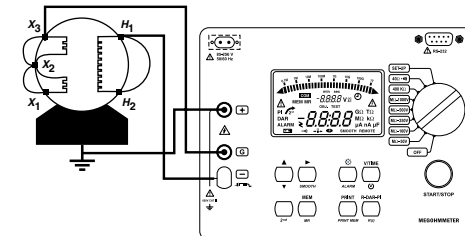
a. Hochspannungswicklung gegen Niederspannungswicklung und Erde



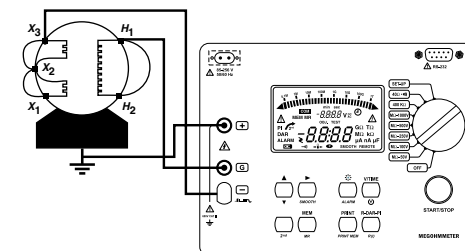
b. Niederspannungswicklung gegen Hochspannungswicklung und Erde



c. Hochspannungswicklung gegen Niederspannungswicklung



d. Hochspannungswicklung gegen Erde



e. Niederspannungswicklung gegen Erde

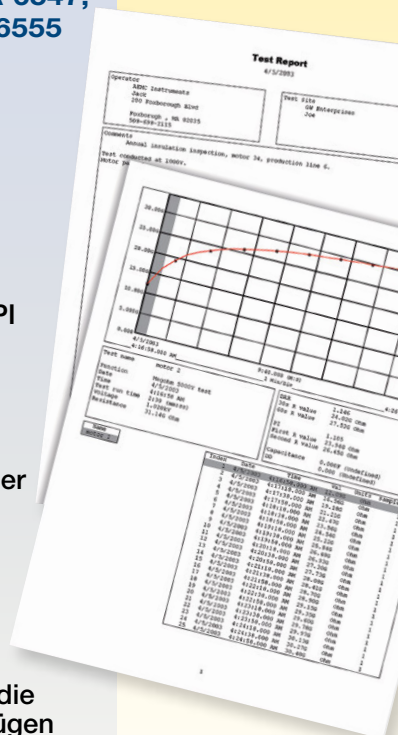
DataView®

Ein unverzichtbares Hilfsmittel, um Messdaten in Echtzeit anzuzeigen und zu speichern, um Ihr Messgerät zu konfigurieren und um Messprotokolle im standardisierten oder individuellen Format zu erstellen

(Die DataView®-Software ist in 5 Sprachen verfügbar: Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch und Spanisch)

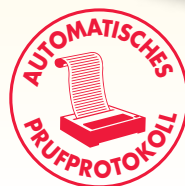
Konfigurieren Sie über Ihren PC alle Messfunktionen der Megohmmeter C.A 6543, C.A 6547, C.A 6549, C.A 6550 und C.A 6555

- Starten der Messungen über Mausclick am PC
- Erfassen und Anzeigen der Messdaten in Echtzeit
- Auslesen der im Messgerät gespeicherten Daten
- Anzeige der Werte für DAR, PI und DD
- Grafische Anzeige der Prüfungen mit zeitlicher Entwicklung in Echtzeit (programmierte Prüfdauer oder Treppenspannungstests)
- Möglichkeit, eine Konfigurationsbibliothek für besondere Messeinsätze anzulegen
- Möglichkeit, Kommentare in die Messprotokolle direkt einzufügen
- Erstellen und Ausdrucken von Messprotokollen



Einfache und bequeme Konfiguration mit einer einzigen Dialogbox.

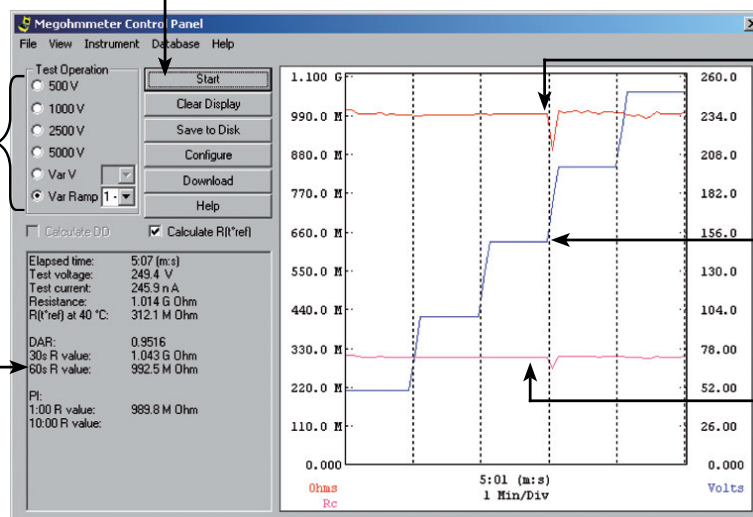
Die Dialogbox mit 4 Registerkarten ermöglicht eine einfache und bequeme Konfiguration der Messfunktionen des C.A 6549, wie z.B. Prüfspannung, Alarmschwellen, Spannungsstufen und Temperaturkompensation.



Durch Drücken auf Start beginnt die Messung und die Ergebnisse werden angezeigt

Auswahl der Prüfspannung

Fenster mit Anzeige aller Testergebnisse in Echtzeit



Während des Tests gemessener Isolationswiderstand

Treppenspannung im Verlauf eines Tests

Isolationswiderstand nach Temperaturkompensation

Start einer Isolationsprüfung mit Treppenspannung mit dem C.A 6549. Die Messwerte werden angezeigt und eine Grafik verdeutlicht den Verlauf der Prüfspannung und der Messwerte.



	C.A 6501	C.A 6503	C.A 6511	C.A 6513	C.A 6522	C.A 6524	C.A 6526	C.A 6532	C.A 6534	C.A 6536	C.A 6541	C.A 6543	C.A 6505	C.A 6545	C.A 6547	C.A 6549	C.A 6550	C.A 6555
Prüfspannung (V)																		
10 V (fix)									•									
25 V (fix)									•									
50 V (fix)						•	•	•			•	•						
100 V (fix)						•	•	•	•		•	•						
250 V (fix)		•			•	•	•		•		•	•						
500 V (fix)	•	•	•	•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•
1 000 V (fix)		•		•	•	•	•				•	•	•	•	•	•	•	•
2 500 V (fix)													•	•	•	•	•	•
5 000 V (fix)													•	•	•	•	•	•
10 000 V (fix)																	•	•
15 000 V (fix)																		•
variable Prüfspannung von										10 V			40 V	40 V	40 V	40 V	40 V	40 V
variable Prüfspannung bis										100 V			5,1 kV	5,1 kV	5,1 kV	5,1 kV	10 kV	15 kV
Maximal messbarer Isolationswiderstand																		
200 MΩ	•																	
1 GΩ			•	•														
5 GΩ		•																
20 GΩ								•		•								
40 GΩ					•													
50 GΩ									•									
200 GΩ						•	•											
4 TΩ											•	•						
10 TΩ													•	•	•	•		
25 TΩ																	•	
30 TΩ																		•
Messart																		
Punktuelle Messung	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PI						•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
DAR						•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
DD													•	•	•	•	•	•
Treppenspannung																•	•	•
Anzeige																		
Analog	•	•	•	•														
Digital + Bargraph					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Graphisch																•	•	•
Stromversorgung																		
Kurbelinduktor	•	•																
Batterien			•	•	•	•	•	•	•	•								
Akku / Netz											•	•	•	•	•	•	•	•
Sonstiges																		
GUARD-Schaltung		•									•	•	•	•	•	•	•	•
Zeitmessung					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Alarme						•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
Widerstands-Zeitverlauf											•	•		•	•	•	•	•
Speicher/Schnittstelle						•/-	•	•	•			•			•	•	•	•
Durchgangsprüfung	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
Widerstandsmessung	•			•		•	•	•	•	•	•	•						
Kapazitätsmessung							•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
Leitungslänge								•										
Funktion ΔREL						•	•	•	•	•								
siehe Seite Nr.	12	13	12	13	14	14	14	14	14	14	17	17	18	18	18	18	19	19

ISOLATIONSMESSER 500 V



C.A. 6511

Elektrische Anlagen einfach prüfen und auf den neuesten Stand der Normung bringen.

- Isolationsprüfung bis 1000 M Ω
- Durchgangsprüfung mit $I = 200$ mA und Polwender
- Messung von AC-Spannungen
- Optimale Betriebssicherheit
- Automatische Entladung des geprüften Stromkreises
- Entspricht DIN VDE 0413, IEC 61557...

Technische Daten Isolationsprüfung

Messbereich	Prüfspannung	Prüfstrom	Max.Kurzschlussstrom	Genauigkeit	Entladezeit
0,1...1000 M Ω	500 V $\ddot{}$	≥ 1 mA bei $R \leq 0,5$ M Ω	≤ 6 mA	$\pm 5\%$ der Messung	1 s/ μ F

Technische Daten Durchgangsprüfung

Messbereich	Max. Kurzschlussstrom	Leerlaufspannung	Genauigkeit
+ 10 Ω	≥ 200 mA	4,5...6,5 V	$\pm 3\%$ Bereich
- 10 Ω	≥ 200 mA	4,5...6,5 V	$\pm 3\%$ Bereich

Technische Daten Spannungsmessung

Messbereich	Eingangsimpedanz	Genauigkeit
0...600 V $\sim$	300 k Ω	$\pm 3\%$ Bereich

Weitere technische Daten

Elektrische Sicherheit: schutzisoliert gem. IEC 61010, 600 V, CAT III-2
 Schutzart: IP 40 DH gem. EN 60529
 Stromversorgung: 4 Alkalibatterien 1,5 V (LR6)
 Klimabedingungen: -10° ... +55 °C / rel. Feuchte < 80%
 Abmessungen / Gewicht: 167 x 106 x 55 mm / 500 g

C.A. 6511 MEGOHMMETER

P01140201

Geliefert mit Stoßschutzhülle, 1 Satz Messleitungen, 1 Krokodilklemme und Batterien

Zubehör:

2 Krokodilklemmen rot/schwarz

P01295457Z



C.A. 6501

Robust, netzunabhängig und immer funktionsbereit.

- Sofort einsatzbereit für Durchgangsprüfungen
- Unabhängig vom Netz und von Batterien durch Kurbelinduktor
- Robustes, baustellentaugliches Gehäuse mit integriertem Deckel und klappbarer Kurbel
- Konstante Prüfspannung
- Automatische Bereichsumschaltung
- Prüfung der Spannungsfreiheit
- Kontrollleuchte für korrekte Messbedingungen
- Überlastschutz bis 600 V durch Überdimensionierung der Bauteile und flinke Sicherung

Technische Daten Isolationsprüfung

Messumfang	Prüfspannung	Genauigkeit
2 Bereiche: 0,5...200 M Ω	500 V $\ddot{}$ konstant	$\pm 2,5\%$ Bereich

Technische Daten Durchgangsprüfung

Messumfang	Prüfstrom	Genauigkeit
2 Bereiche: 0...100 Ω	5 mA $\ddot{}$	$\pm 2,5\%$ Bereich

Technische Daten Widerstandsmessung

Messumfang	Prüfstrom	Genauigkeit
2 Bereiche: 45...500 k Ω	1 mA $\ddot{}$	$\pm 2,5\%$ Bereich

Technische Daten Spannungsmessung

Messbereich: 0...600 V $\sim$	Genauigkeit: $\pm 3\%$ Bereich
-------------------------------	--------------------------------

Weitere technische Daten

Anschlussklemmen mit unverlierbaren Schrauben, für $\varnothing 4$ mm Stecker oder 4 mm Kabelschuhe.
 Spannungsfestigkeit: bis 2000 Veff. 50 Hz
 Elektrische Sicherheit gem. IEC 61010 – 600V CAT II / 300V CAT III
 Klimabedingungen: -10° ... +50°C / rel. Feuchte < 75 %
 Schutzart: IP 54 mit Deckel / IP 52 ohne Deckel
 Abmessungen/Gewicht: 120 x 120 x 130 mm / 1,5 kg

C.A. 6501

P01132503

Geliefert in einer Transporttasche mit 2 Messleitungen 1,5 m PVC (rot+sw), 2 Krokodilklemmen (rot+sw), 1 Prüfspitze (sw)



ISOLATIONSMESSER 1000 V

C.A 6513

Elektrische Anlagen einfach prüfen und auf den neuesten Stand der Normung bringen.

- Isolationsprüfung bis 1000 M Ω
- Durchgangsprüfung mit I = 200 mA und Polwender
- Widerstandsmessungen bis 1000 Ω
- Messung von AC-Spannungen
- Optimale Betriebssicherheit
- Automatische Entladung des geprüften Stromkreises
- Entspricht VDE 0413, IEC 61557...



Technische Daten Isolationsprüfung

Messbereich	Prüfspannung	Prüfstrom	Max.Kurzschlussstrom	Genauigkeit	Entladezeit
0,1...1000 M Ω	500 V $\sim$	≥ 1 mA bei R $\leq 0,5$ M Ω	≤ 6 mA	$\pm 5\%$ der Messung	1 s/ μ F
0,1...1000 M Ω	1000 V $\sim$	≥ 1 mA bei R ≤ 1 M Ω	≤ 6 mA	$\pm 5\%$ der Messung	1 s/ μ F

Technische Daten Durchgangsprüfung

Messbereich	Max. Kurzschlussstrom	Leerlaufspannung	Genauigkeit
+ 10 Ω	≥ 200 mA	4,5...6,5 V	$\pm 3\%$ Bereich
- 10 Ω	≥ 200 mA	4,5...6,5 V	$\pm 3\%$ Bereich

Technische Daten Widerstandsmessung

Messbereich	Max. Kurzschlussstrom	Leerlaufspannung	Genauigkeit
0...1000 Ω	≥ 2 mA	4,5...6,5 V	$\pm 3\%$ Bereich

Technische Daten Spannungsmessung

Messbereich	Eingangsimpedanz	Genauigkeit
0...600 V $\sim$	300 k Ω	$\pm 3\%$ Bereich

Weitere technische Daten

Elektrische Sicherheit: schutzisoliert gem. IEC 61010, 600 V, CAT III-2
 Schutzart: IP 40 DH gem. EN 60529
 Stromversorgung: 4 Alkalibatterien 1,5 V (LR6)
 Klimabedingungen: -10° ... +55 °C / rel. Feuchte < 80%
 Abmessungen/Gewicht: 167 x 106 x 55 mm / 500 g

C.A 6513 MEGOHMMETER

P01140301

Geliefert mit Stoßschutzhülle, 1 Satz Messleitungen, 1 Krokodilklemme und Batterien

Zubehör:

2 Krokodilklemmen rot/schwarz

P01235457Z

C.A 6503

Dieses netzunabhängige Gerät bietet zuverlässige Robustheit und Messung hoher Isolationswiderstände.

- Messungen bis 5000 M Ω
- Konstante Prüfspannungen: 250 V $\sim$, 500 V $\sim$ und 1000 V $\sim$
- Sofort einsatzbereit für alle Prüfungen
- Stromversorgung durch Kurbelinduktor
- Robustes, baustellentaugliches Gehäuse
- Automatische Bereichsumschaltung
- Prüfung der Spannungsfreiheit
- Kontrollleuchte für korrekte Messbedingungen
- Zusätzliche Klemme zur Vermeidung von Messfehlern durch Leckströme



Technische Daten Isolationsprüfung

Messumfang	Prüfspannung	Genauigkeit
2 Bereiche: 1...500 M Ω	250 V $\sim$ konstant	$\pm 2,5\%$ Bereich
2 Bereiche: 1...500 M Ω	500 V $\sim$ konstant	$\pm 2,5\%$ Bereich
2 Bereiche: 1...5000 M Ω	1000 V $\sim$ konstant	$\pm 2,5\%$ Bereich

Technische Daten Spannungsmessung

Messbereich: 0...600 V $\sim$	Genauigkeit: $\pm 3\%$ Bereich
-------------------------------	--------------------------------

C.A 6503

P01132504

Geliefert in einer Transporttasche mit 3 Messleitungen 1,5 m PVC (rot+blau+sw), 3 Krokodilklemmen (rot+blau+sw), 1 Prüfspitze (sw)

Weitere technische Daten

Anschlussklemmen mit unverlierbaren Schrauben und für Stecker
 Spannungsfestigkeit: bis 2000 Veff. 50 Hz
 Elektrische Sicherheit gem. IEC 61010 – 600 V CAT II / 300 V CAT III
 Klimabedingungen -10° ... +50°C / rel. Feuchte < 75 %
 Schutzart: IP 54 mit Deckel / IP 52 ohne Deckel
 Abmessungen/Gewicht: 120 x 120 x 130 mm / 1,5 kg



C.A 6522 / C.A 6524 / C.A 6526 C.A 6532 / C.A 6534 / C.A 6536

Bedienungsfreundliche Isolations- und Durchgangsprüfer mit beleuchteter Digitalanzeige für jeden Anwendungsbereich.

- Prüfspannung von 10 V bis 1000 V / 200 GΩ
- Durchgangsprüfung mit 200 mA / 20 mA – Kompensation der Messleitungen
- Multimeter-Funktion: V (TRMS & DC), Hz, Ω, kΩ, Kapazität, Leitungslänge
- Gut / Schlecht-Anzeige rot / grün
- Messmodi: Manuell, Lock, Timer und PI / DAR
- ΔREL-Modus und einstellbare Alarmer
- Messwertspeicher
- Magnethalterung

Je nach Modell



FÜR JEDE ANWENDUNG EIN PASSENDES GERÄT

Industrielle Wartung: C.A 6522, C.A 6524, C.A 6526

Die Messung des Isolationswiderstandes mit einem Megohmmeter ist eine Maßnahme der vorbeugenden Wartung. Daher ist es wichtig, die Gründe für die Verschlechterung der Isolationsfähigkeit zu kennen, um die Messungen und die Abhilfemaßnahmen optimal einplanen zu können.

- Berechnung des Polarisationsindex (PI), Dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR)
- Umrechnung des Isolationswiderstandes zu einer Bezugstemperatur

Telekommunikation: C.A 6532

Geeignet für Prüfung an Fernmeldekabeln:

- Isolationsmessung mit 50 V oder 100 V
- Spezielle Messfunktionen für Widerstand, Kapazität, Prüfstrom, und AC-Spannung
- Messung der Widerstandsdivergenz zwischen 2 Adern eines Paares dank der Funktion ΔREL
- Über die Programmierung der längenbezogenen Kapazität in nF / km wird die Länge einer Leitung angezeigt.

Elektronik, ESD: C.A 6534

ESD-Prüfungen mit 10 V und 100 V

Messung des Widerstandes von Bodenbelägen und verlegten Fußböden*

*geeignete Sonden erforderlich

Spezielle Anwendungen: C.A 6536

Ausführung mit einstellbarer Prüfspannung in 1 V-Schritten für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrttechnik oder für spezielle Applikationen.

Sonde zur Fernbedienung

Durch einfachen Druck auf die gelbe Taste der Sonde löst der Bediener die Isolationsmessung aus. Diese ist mit einer Beleuchtungsvorrichtung ausgestattet, und ermöglicht somit auch eine wirksame Ausleuchtung des Messpunktes.



C.A 6522	P01140822
C.A 6524	P01140824
C.A 6526	P01140826

Deliefert in Transporttasche für Freihandbetrieb, 2 Sicherheitsmessleitungen 1,50 m (rot + sw), 1 Krokodilklemme (rot), 1 Prüfspitze (sw), 6 Batterien LR6 oder AA, 1 Bedienungsanleitung auf CD, 1 Sicherheitsdatenblatt.

Zusätzlich beim C.A 6526: 1 CD mit Software Megohmmeter-Transfer

C.A 6532	P01140832
C.A 6534	P01140834
C.A 6536	P01140836

Deliefert in Transporttasche für Freihandbetrieb, 2 Sicherheitsmessleitungen 1,50 m (rot + sw), 1 Krokodilklemme (rot), 1 Prüfspitze (sw), 2 Abgreifer (rot + sw), 6 Batterien LR6 oder AA, 1 Bedienungsanleitung auf CD, 1 Sicherheitsdatenblatt.

Zusätzlich beim C.A 6532 und C.A 6534: 1 CD mit Software Megohmmeter-Transfer

Zubehör:	
Sonde zur Fernbedienung	P01102092A
Messstab für Durchgangsprüfung	P01102084A
Adapter USB /Bluetooth	P01102112
Software DataView™	P01102095
Anschlusszubehör	Seite 190



ISOLATIONSMESSER 10 BIS 1000 V

	C.A 6522	C.A 6524	C.A 6526	C.A 6532	C.A 6534	C.A 6536
Anwendungsbereiche	Industrielle Wartung			Tele- kommunikation	Elektronik / ESD	Spezial
Spannung						
Messbereich / Auflösung	0,3 V-399,9 V / 0,1 V ; 400 V-700 V / 1 V					
Genauigkeit	± (3% + 2 D)					
Eingangsimpedanz	400 kΩ					
Betriebsfrequenz	DC ; 15,3-800 Hz					
Frequenz						
Messbereich / Auflösung / Genauigkeit		15,3 Hz - 399,9 Hz / 0,1 Hz / ± (1% + 2 D) 400 - 800 Hz / 1 Hz / ± (1% + 1 D)				
Isolationswiderstand						
Prüfspannung	250-500- 1000 V	50-100-250- 500-1000 V	50-100-250- 500-1000 V	50-100 V	10-25-100- 250-500 V	10 bis 100 V in 1 V-Schritten
Messbereich bei max. Prüfspannung	40 GΩ	200 GΩ	200 GΩ	20 GΩ	50 GΩ	20 GΩ
Entspricht IEC 61557-2	2 GΩ	2 GΩ	2 GΩ	2 GΩ	2 GΩ	2 GΩ
Messbereich: 10 V					2 kΩ-1 GΩ	2 kΩ-2 GΩ
25 V					5 kΩ-2 GΩ	(U _N /5) kΩ - (U _N /5) GΩ
50 V		10 kΩ-10 GΩ	10 kΩ-10 GΩ	10 kΩ-10 GΩ		
100 V		20 kΩ-20 GΩ	20 kΩ-20 GΩ	20 kΩ-20 GΩ	20 kΩ-10 GΩ	20 kΩ-20 GΩ
250 V	50 kΩ-10 GΩ	50 kΩ-50 GΩ	50 kΩ-50 GΩ		50 kΩ-25 GΩ	
500 V	100 kΩ-20 GΩ	100 kΩ-100 GΩ	100 kΩ-100 GΩ		100 kΩ-50 GΩ	
1000 V	200 kΩ-40 GΩ	200 kΩ-200 GΩ	200 kΩ-200 GΩ			
Variable Prüfspannung						10 bis 100 V
Messbereich / Auflösung	10 ⁽¹⁾ -999 kΩ und 1,000-3,999 MΩ / 1 kΩ ; 4,00-39,99 MΩ / 10 kΩ ; 40,0-399,9 MΩ / 100 kΩ ; 400-3999 MΩ / 1 MΩ ; 4,00-39,99 GΩ / 10 MΩ ; 40,0-200 GΩ / 100 MΩ					
Genauigkeit	± (3% + 2 D) ⁽²⁾					± (3% + 2 D) ⁽³⁾
Prüfspannung (I< 1mA)	-0% + 20%					± 0,5V
Anzeige der Prüfspannung	± (3% + 3 D)					
Anzeige des Prüfstroms		10 nA - 2 mA				
Berechnung von PI / DAR		10 mn / 1 mn ; 1 mn / 30 s				
Timer-Funktion (mn:s)	0:00-39:59					
Entladezeit (bei 25V)	< 2s / μF					
Alarm-Funktion		2 feste Schwellwerte + 1 einstellbaren Schwellwert				
Durchgang						
Messbereich	0,00 Ω -10,0 Ω (200 mA)	0,01 Ω -10 Ω (200 mA) ; 0-100,0 Ω (20 mA)				
Genauigkeit	± 2% ± 2 D					
Leerlaufspannung	≥ 6 V					
Messstrom	200 mA (-0 mA + 20 mA) / 20 mA ±5 mA					
Summer	schnell					
Alarm-Funktion	2 Ω fest	2 feste Schwellwerte 2 Ω, 1 Ω + 1 einstellbaren Schwellwert				
Kompensation der Messleitungen	bis 9,99 Ω					
Widerstände						
Messbereich / Auflösung		0-3999 Ω / 1 Ω ; 4,00 kΩ-39,99kΩ / 10 Ω 40,0 kΩ-399,9 kΩ / 100 Ω ; 400 kΩ-1 000 kΩ / 1 kΩ				
Genauigkeit		± (3% +2 D)				
Alarm-Funktion		2 feste Schwellwerte + 1 einstellbarer Schwellwert				
Kapazität						
Messbereich / Auflösung			0,1 nF - 399,9 nF / 0,1 nF 400 nF – 3999 nF / 1 nF 4,00 μF-10 μF / 10 nF			
Genauigkeit			± (3% + 2 D)			
Leitungslänge			0-100 km			
Allgemeine Daten						
Anzeige	2 x 4 000 D + logarithmischer Bargraph					
Funktion ΔREL		Relativwert in Bezug zu einer gemessenen Referenzgröße				
Messwertspeicher		300 Messungen	1300 Messungen			
Schnittstelle			Bluetooth® Klasse II			
Stromversorgung	6 Batterien LR6 (AA)					
Automatische Abschaltung	5 mn, unterdrückbar					
Autonomie	1 500 Messungen: U _N x 1 kΩ @ U _N (5 s ON / 55 s OFF) / 3000 Durchgangsprüfungen (5 s ON / 55 s OFF)					
Schutzart	IP54 / IK 04					
Magnetbefestigung		Befestigungsmagnete im Gehäuse				
EMV / Elektrische Sicherheit	IEC 61326-1 / IEC 61010-1 und IEC 61010-2-030, 600 V CAT IV					
Normen-Konformität	IEC 61557 Teil 1, 2, 4 und 10					
Abmessungen / Gewicht	211 x 108 x 60 mm / 850 g					

(1) 2 kΩ für C.A 6532, C.A 6534 und C.A 6536

(2) für die einzelnen Prüfspannungen zusätzlich: 10 V: 1% pro 0,1 GΩ ; 25 V: 0,4% pro 0,1 GΩ ;
50 V: 2% pro GΩ, 100 V: 1% pro GΩ ; 250 V: 0,4% pro GΩ ; 500 V: 0,2% pro GΩ ; 1000 V: 0,1% pro GΩ

(3) Hinzu kommen 10% U_N pro 100 MΩ

ISOLATIONSMESSER 50 BIS 1000

ISOLATIONSMESSER 50 BIS 1000 V



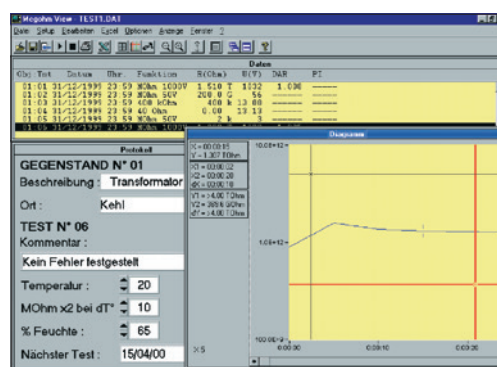
C.A. 6541 / C.A. 6543

Mikroprozessor gesteuerte Megohmmeter zur Messung sehr hoher Isolationswiderstände bis 4 TΩ unter 50 bis 1000 V - Entsprechen IEC 61557 / DIN VDE 0413

- 5 Prüfspannungen: 50 - 100 - 250 - 500 - 1000 V_{DC}
- Große beleuchtete LCD-Anzeige mit Analog-Bargraph
- Automatische Berechnung der Verhältnisse zur Beurteilung der Isolationsqualität (DAR, PI)
- Kurvenzeichnung R (t)
- Speicher / RS 232 / wiederaufladbarer Akku (C.A. 6543)
- Robustes, baustellentaugliches Gehäuse, IP 54

Technische Daten	C.A. 6541 und C.A. 6543
Isolationsmessung ⁽¹⁾⁽²⁾	2 kΩ...4 TΩ
Prüfspannungen	50 V - 100 V - 250 V - 500 V - 1000 V
Grundgenauigkeit	± (5% Anz. + 3 Digit)
Autom. Spannungsmessung ⁽¹⁾⁽²⁾	0...1000 V AC (16...420 Hz) oder DC
Genauigkeit	± (1% Anz. ± 3 Digit)
Widerstandsmessung ⁽¹⁾	0,01 Ω...400 kΩ
Genauigkeit	±(3% Anz. + 3 Digit)
Kapazitätsmessung ⁽¹⁾	0,005...4,999 μF
Genauigkeit	±(10% Anz. + 1 Digit)
Durchgangsprüfung ⁽¹⁾	0,01 Ω...40 Ω
Genauigkeit	±(3% Anz. + 4 Digit)
Akustisches Signal	Ja
Grundauflösung	Isol.: 1 kΩ / Durchg. 0,01 Ω / 1 V / 1 nF

- (1) Vor jeder Messung wird eine automatische Spannungsmessung durchgeführt, die beim Vorhandensein einer Spannung am getesteten Element eine Bedienung unterdrückt.
(2) Nach jeder Isolationsprüfung werden automatisch eine Spannungsmessung (zur Überwachung der Entladung des getesteten Kreises) und eine Kapazitätsmessung durchgeführt.



Die PC-Software ermöglicht das Auslesen der gespeicherten Daten, das Zeichnen der Isolations-Veränderungskurve R(t), den Ausdruck von Prüfprotokollen, das Erstellen von Textdateien zur Verwendung von Tabellenkalkulationen (Excel™,...) aber auch die vollständige Konfiguration und Steuerung des Geräts über die RS232!

Allgemeine Daten	C.A. 6541	C.A. 6543
Beleuchtete Anzeige mit Bargraph		ja
Programmierbare Alarmgrenzwerte		ja
Messwertglättung (SMOOTH)		ja
Anzeige der genauen erzeugten Prüfspannung		ja
Programmierung der Prüfdauer		ja
Autom. Berechnung der Verhältnisse	Ja, DAR (dielektrisches Absorptionsverhältnis) und PI (Polarisationsindex)	
Autom. Speicherung der Isolationsveränderung in Abhängigkeit der Einwirkungszeit der Prüfspannung	Ja, begrenzt auf 20 Messwerte	Ja, mit Hilfe des internen Speichers von 128 kB
Messwertspeicherung	-	Ja, mit Speicher 128 kB
Schnittstelle RS 232	-	Bidirektional
Ausdruck der Messungen	-	Ja, auf seriellem oder parallelem Drucker (Option)
PC-Software	-	Option
Stromversorgung	8 Batterien LR14	Netz 85 V - 256 V oder Akku (eingebautes Ladegerät)
Sonde zur Fernbedienung		Option
Abmessungen / Gewicht	240 x 185 x 110 mm - 3,4 kg (mit Batterien)	

C.A. 6541	P01138901
C.A. 6543	P01138902
Geliefert mit einer Tasche für Zubehör, 2 Messleitungen, 1 abgeschirmte Leitung, 3 Krokodilklemmen, 1 Prüfspitze, 8 Batterien LR14 (C.A. 6541) oder 1 Netzanschlusskabel (C.A. 6543), 1 RS232-Anschlusskabel (C.A. 6543)	
Zubehör:	
Ext. Sonde zur Fernbedienung	P01101935
PC-Software MegohmView®	P01101938A
PC-Software DataView®	P01102095
Serieller Drucker für C.A. 6543	P01102903
Adapter Seriell / Parallel	P01101941



Sonde zur Fernbedienung

Durch einfachen Druck auf die gelbe Taste der Sonde löst der Bediener die Isolationsmessung aus. Diese ist mit einer Beleuchtungsanordnung ausgestattet, und ermöglicht somit auch eine wirksame Ausleuchtung des Messpunktes.

ISOLATIONSMESSER 40 BIS 5000 V

C.A 6505 / C.A 6545 / C.A 6547 / C.A 6549

Mikroprozessor gesteuerte Megohmmeter zur Messung sehr hoher Isolationswiderstände bis 10 TΩ unter 40 bis 5100 V - Entsprechen IEC 61557 / DIN VDE 0413

- 4 feste Prüfspannungen: 500 - 1000 - 2500 - 5000 V_{DC}
- Einstellbare Prüfspannung zwischen 40 und 5100 V_{DC} (in 10 bzw. 100 V-Schritten)
- Große beleuchtete LCD-Anzeige mit Analog-Bargraph
- Automatische Berechnung der Verhältnisse zur Beurteilung der Isolationsqualität (DAR, PI, DD)
- Kurvenzeichnung R(t) auf Grafik-Display beim C.A 6549
- Betriebsart Spannungsrampe beim C.A 6549
- Speicher / RS 232 (C.A 6547/6549) / wiederaufladbarer Akku
- Robustes, baustellentaugliches Gehäuse, IP 53 (offen)



C.A 6547



C.A 6549



PC-Software DataView®

Ein unverzichtbares Hilfsmittel, um Messdaten in Echtzeit anzuzeigen und zu speichern, um das Messgerät zu konfigurieren und um Messprotokolle im standardisierten oder individuellen Format zu erstellen.

Technische Daten	C.A 6505 / C.A 6545 / C.A 6547 / C.A 6549
Isolationsmessung ⁽¹⁾⁽²⁾	30 kΩ...10 TΩ
Feste Prüfspannungen	500 V - 1000 V - 2500 V - 5000 V
Einstellbare Prüfspannung	40 bis 5100 V
Grundgenauigkeit	± (5% Anz. + 3 Digit) (R < 40 GΩ)
Autom. Spannungsmessung ⁽¹⁾⁽²⁾	0...5000 V _{DC} / 2500 V _{AC} (15...500 Hz)
Grundgenauigkeit	± (1% Anz. ± 1 Digit)
Kapazitätsmessung ⁽¹⁾	0,005...49,99 μF
Genauigkeit	±(10% Anz. + 1 Digit)
Leckstrommessung ⁽³⁾	0...3000 μA
Grundgenauigkeit	±(5% Anz.) (I > 10 nA)
Grundaufösung	1 kΩ / 0,1 V / 1 nF / 1 pA

- (1) Vor jeder Messung wird eine automatische Spannungsmessung durchgeführt, die beim Vorhandensein einer Spannung am getesteten Element eine Bedienung unterdrückt.
 (2) Nach jeder Isolationsprüfung werden automatisch eine Spannungsmessung (zur Überwachung der Entladung des getesteten Kreises) und eine Kapazitätsmessung durchgeführt.
 (3) Wird automatisch bei jeder Isolationsmessung durchgeführt

Allgemeine Daten	C.A 6505	C.A 6545	C.A 6547	C.A 6549
Grafikdisplay	-	-	-	ja
Beleuchtete Anzeige mit Bargraph	ja	ja	ja	ja
Programmierbare Alarmgrenzwerte	-	ja	ja	ja
Messwertglättung (SMOOTH)	-	ja	ja	ja
Anzeige der genauen erzeugten Prüfspannung	ja	ja	ja	ja
Programmierung der Prüfdauer	ja	ja	ja	ja
Autom. Berechnung der Verhältnisse	DAR - PI		DAR - PI und DD	
Betriebsart Spannungsrampe	-	-	-	ja (5 Stufen à 1 min)
Berechnung der Messergebnisse im Verhältnis zu einer Bezugstemperatur	-	-	-	ja
Autom. Speicherung der Isolations-Veränderung in Abhängigkeit der Einwirkungszeit der Prüfspannung	-	ja, begrenzt auf 20 Messwerte	ja, mit Hilfe des internen Speichers von 128 kB (98000 Messwerte)	
Messwertspeicherung	-	-	ja, mit Speicher 128 kB (98000 Messwerte)	
Schnittstelle RS 232	-	-		Bidirektional
Ausdruck der Messungen	-	-	ja, auf seriellen oder parallelem Drucker (Option)	
PC-Software	-	-	Option	Option
Stromversorgung	Akku NiMH 9,6 V / 3,5 Ah			
Abmessungen / Gewicht	270 x 250 x 180 mm - 4,3 kg			

DAR: dielektrisches Absorptionsverhältnis (1 min/30s); PI: Polarisationsindex (10 min/1 min); DD: dielektrische Entladung

Zubehör:	
PC-Software DataView® (für C.A 6547/6549)	P01102095
PC-Software MegohmView® (für C.A 6547)	P01101938A
Messleitungen	Seite 62

C.A 6505	P01139704
Geliefert mit einer Tasche für Zubehör, 2 vereinfachte Messleitungen mit HV-Steckern (2 m), 1 Guard-Leitung (2 m) mit HV-Stecker an einem Ende und HV-Stecker mit axialer Buchse am anderen, 1 Guard-Leitung (0,35 m) mit HV-Stecker an einem Ende und HV-Stecker mit axialer Buchse am anderen, 3 Krokodilklemmen, 1 Netzkabel (1,8 m)	
C.A 6545	P01139701
C.A 6547	P01139702
C.A 6549	P01139703
Geliefert mit einer Tasche für Zubehör, 2 Messleitungen (3 m) mit HV-Steckern und große HV-Krokodilklemmen, 1 Guard-Leitung (3 m) mit HV-Stecker mit axialer Buchse und großer HV-Krokodilklemme, 1 Messleitung mit axialer Buchse (0,35 m), 1 Netzkabel, 1 RS232-Anschlusskabel (C.A 6547 und C.A 6549)	

ISOLATIONSMESSER 40 BIS 15000 V

C.A 6550 / C.A 6555

Mit einer Prüfspannung, die bis 10 kV bzw. 15 kV reicht, sind diese Megohmmeter hervorragende Instrumente, um Isolationsprüfungen mit optimaler Sicherheit und Exaktheit bis 30 TΩ durchzuführen. Ihr Einsatz an Anlagen, Motoren und Maschinen, die mit 12 kV oder mehr betrieben werden, erfüllt alle aktuell gültigen Empfehlungen und sogar die zukünftigen Anforderungen.

- Großer Messumfang von 10 kΩ bis 30 TΩ
- Feste oder programmierbare Prüfspannung von 40 V bis 10 kV bzw. 15 kV
- Ladestrom von 5 mA
- Großes beleuchtetes LC-Display mit Digitalanzeige, Bargraph und Kurvendarstellung R(t) + u(t), i(t), i(u)
- Automatische Berechnung von DAR / PI / DD / ΔR (ppm/V)
- Mehrere Prüfverfahren: stufenförmige, rampenförmige Prüfspannung, „Burning-Prüfung“, „Early Break“ und „I-limit“
- 3 Filter zur Stabilisierung der Messergebnisse
- Umrechnung von R auf eine Bezugstemperatur
- Speicherkapazität von 80 000 Messungen und eingebaute Echtzeituhr
- USB-Schnittstelle und Protokollsoftware DataView®



C.A 6550

Leistungsfähigkeit und Ergonomie

Die verschiedenen Prüfungsverfahren ermöglichen sowohl die qualitative Beurteilung von Isolationen durch zerstörungsfreie Prüfungen (mit den Verfahren „I-limit“ und „Early Break“), als auch die Untersuchung auf Alterung der Isoliermaterialien an Probeteilen durch „Burning“-Prüfungen im Hinblick auf eine vorbeugende Wartung. Außerdem bieten die Megohmmeter C.A 6550 und C.A 6555 eine schnelle Übersicht über die Tests indem sie den Verlauf des Isolationswiderstands und der Prüfspannung über der Zeit grafisch darstellen. Der umfangreiche Messdatenspeicher erlaubt durch Vernetzung mit einem PC über die DataView®-Software eine detaillierte Auswertung der Messergebnisse von Vor-Ort-Prüfungen.

Technische Daten		C.A 6550	C.A 6555
Prüfspannungen		10 kV	15 kV
Isolationsmessungen	Bereiche	500 V: von 10 kΩ bis 2 TΩ / 1 000 V: von 10 kΩ bis 4 TΩ / 2 500 V: von 10 kΩ bis 10 TΩ / 5 000 V: von 10 kΩ bis 15 TΩ / 10 000 V: von 10 kΩ bis 25 TΩ	15 000 V: von 10 kΩ bis 30 TΩ
	Feste Prüfspannungen	500 / 1000 / 2500 / 5000 / 10 000 V	500 / 1000 / 2500 / 5000 / 10 000 / 15 000 V
	Variable Prüfspannungen	40 V - 10 000 V 3 Spannungswerte voreinstellbar	40 V - 15 000 V 3 Spannungswerte voreinstellbar
Rampenspannung		3 Voreinstellungen für: Anfangsspannung, Endspannung, Prüfdauer	
Einstellbereich für Rampenspannung		40 - 1 100 V / 500 - 10 000 V	40 - 1 100 V / 500 - 15 000 V
Stufenspannung		bis zu 10 Stufen voreinstellbar (Spannungswert und Dauer jeder Stufe)	
Spannungsmessung		AC: 0 - 2500 V / DC: 0 - 4000 V	
Kapazitätsmessung		0,001 - 9,999 μF / 10,00 - 49,99 μF	
Leckstrommessung		0 - 8 mA	
Entladung nach der Prüfung		Ja - automatisch	
Abbruchbedingungen	Grenzstrom I-limit	einstellbar von 0,2 bis 5 mA	
	Early-break Funktion	di/dt	
	Prüfdauer	einstellbar bis zu 99 Minuten 59 Sekunden	
Zerstörende Prüfung		Ständige Prüfung bis zum Durchschlag	
Berechnung von Qualitätsparametern		PI, DAR, DD	
Umrechnung von R auf Bezugstemperatur		ja	
Filterung der Messergebnisse (nur für Anzeige)		3 Filter mit unterschiedlichen Zeitkonstanten	
Grafische Darstellung		R(t) + u(t) ; i(t) ; i(u)	
Messwertspeicherung		256 Messdatensätze, 80 000 Messpunkte für R, U, I mit Datums- und Uhrzeitangabe	
PC-Anbindung / Software		USB-Anschluss mit optischer galvanischer Trennung / Software DataView®	
Stromversorgung		Wiederaufladbare NiMH-Akkus, 8 x 1,2 V / 4 000 mAh Nachladung über Netzanschluss 90 - 260 V, 50/60 Hz Akkuladung möglich während der Isolationsprüfung	
Elektrische Sicherheit / Schutzart		1000 V CAT IV - IEC 61010-1 und IEC 61557 / IP54	
EMV, Schutzart, Meereshöhe		EN 61326-1, IP54, 3000 m	
Abmessungen und Gewicht		340 x 300 x 200 mm (L x T x H), ca. 6,2 kg (ohne Zubehör)	

Zubehör und Ersatzteile:

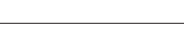
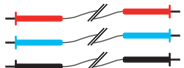
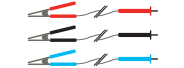
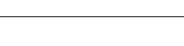
3 HV-Messleitungen mit Krokoklemme für 10/15 kV	P01295466
HV-Messleitung (8 m) mit Krokoklemme (blau)	P01295468
HV-Messleitung (8 m) mit Krokoklemme (rot)	P01295469
HV-Messleitung (8 m) mit Krokoklemme (schwarz)	P01295470
HV-Messleitung (15 m) mit Krokoklemme (blau)	P01295471
HV-Messleitung (15 m) mit Krokoklemme (rot)	P01295472
HV-Messleitung (15 m) mit Krokoklemme (schwarz)	P01295473
3 HV-Messleitungen (3 m) für 10/15 kV	P01295465
HV-Messleitung (50 cm) mit axialer Buchse (blau)	P01295467
Transporttasche für Zubehör	P01298066

C.A 6550	P01139705
C.A 6555	P01139706
Geliefert mit einer Transporttasche mit 2 Sicherheitsmessleitungen (rot und blau, 3 m), mit Hochspannungssteckern an beiden Enden, 1 Guard-Sicherheitsmessleitung (schwarz, 3 m), mit 1 Hochspannungsstecker und 1 Hochspannungsstecker mit axialer Buchse, 3 Krokodilklemmen (rot, blau, schwarz), 2 Prüfspitzen (rot und schwarz) CAT IV 1000 V für Spannungsmessung, 1 Messleitung (blau, 0,5 m) mit axialer Buchse, 1 Netzanschlusskabel (2 m), 1 Software DataView®, 1 USB-Anschlusskabel.	

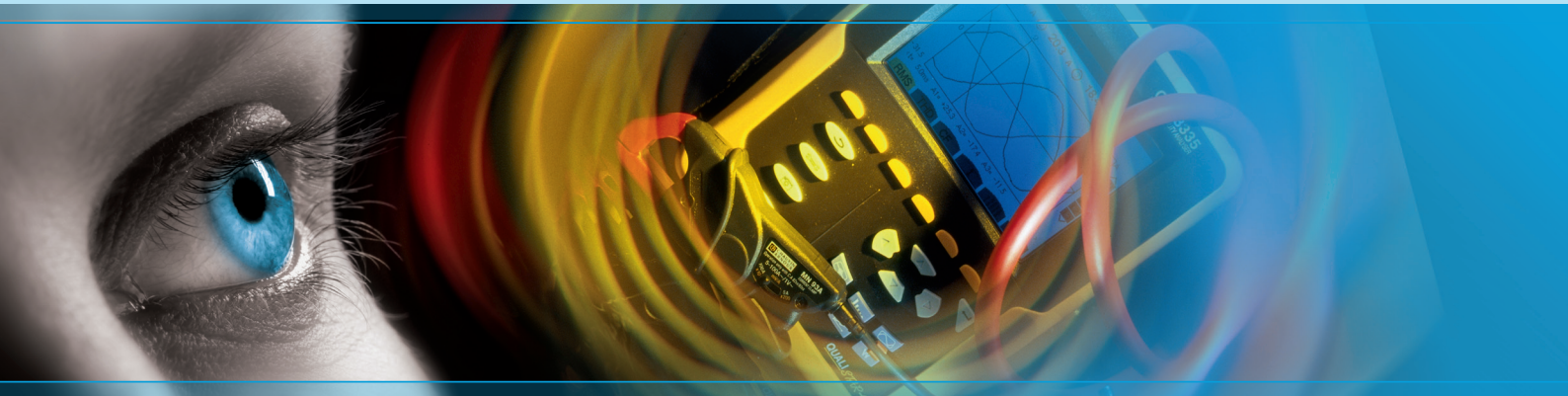
ZUBEHÖR FÜR ISOLATIONSMESSER

5 KV BIS 15 KV

Messleitungen für Isolationsmesser 5kV und 10/15 kV

	Artikel-Nr.	Beschreibung	Länge	C.A 6505	C.A 6545 C.A 6547 C.A 6549	C.A 6550 C.A 6555
ISOLATIONSMESSER 5 kV	 P01295231	Satz von 2 vereinfachten HV-Messleitungen	3 m	■	■	
	 P01295232	Vereinfachte HV-Messleitungen mit Krokodilklemme (blau)	3 m	■	■	
	 P01295221	HV-Messleitung mit axialer Buchse (blau)	0,35 m	■	■	
	 P01295220	Satz von 3 HV-Messleitungen mit Krokodilklemmen (blau/rot/schwarz)	3 m	■	■	
	 P01295214	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (blau)	8 m	■	■	
	 P01295215	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (rot)	8 m	■	■	
	 P01295216	HV-Messleitung mit axialer Buchse und Krokodilklemme (schwarz)	8 m	■	■	
	 P01295217	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (blau)	15 m	■	■	
	 P01295218	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (rot)	15 m	■	■	
	 P01295219	HV-Messleitung mit axialer Buchse und Krokodilklemme (schwarz)	15 m	■	■	
ISOLATIONSMESSER 10 / 15 kV	 P01295465	Satz von 3 vereinfachten HV-Messleitungen (rot, blau, schwarz)	3 m			■
	 P01295466	Satz von 3 HV-Messleitungen mit Krokodilklemmen (rot, blau, schwarz)	3 m			■
	 P01295467	1 Messleitung mit axialer Buchse (blau)	0,5 m			■
	 P01295468	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (blau)	8 m			■
	 P01295469	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (rot)	8 m			■
	 P01295470	HV-Messleitung mit axialer Buchse und Krokodilklemme (schwarz)	8 m			■
	 P01295471	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (blau)	15 m			■
	 P01295472	HV-Messleitung mit Krokodilklemme (rot)	15 m			■
	 P01295473	HV-Messleitung mit axialer Buchse und Krokodilklemme (schwarz)	15 m			■

HV = High Voltage (Hochspannung)
■ Ersatzteile / ■ Im Lieferumfang



**ELEKTRO
TECHNIK**



INDUSTRIE



**ENTWICKLUNG &
LABOR**



**AUSBILDUNG &
ÖFFENTL. SEKTOR**



Messung bei
Niederspannung



Messung & Prüfung der
elektrischen Sicherheit



Messung, Erfassung und
Analyse **elektrischer
Leistung & Energie**



Messung **physikalischer
Größen**



Messgeräte für die
Elektronik



Didaktische Geräte



Intertek

www.chauvin-arnoux.at

vie-office@chauvin-arnoux.at

Gastgebasse 27, A-1230 Wien, Tel.: +43 (0)1 61 61 961-0