



06/2014

## Häufige Frage: Kann man mit flexiblen Stromwandlern wie der «Rogowski-Spule» Leckstrom messen gemäss der Mitteilung des ESTI?

Gemäss ESTI-Mitteilung 5/2007 darf man unter bestimmten Bedingungen Leckstrommessungen anstelle der Isolationsmessung durchführen. Heute sind immer mehr Messgeräte auf dem Markt, die es 2004, als die Leckstrommessung bewilligt wurde, noch nicht gab. Wie verhält es sich bei flexiblen Wandlern oder Hall-Sonden im Jahr 2014?

Welche Messung kann man anwenden?  
Leckstrommessung:

Flexibler Wandler: Rogowski-Spule



## Mitteilung des ESTI von 2007 über Leckstrommessung anstelle von Isolationsmessungen unter gewissen Bedingungen.

**Was finden wir in der Mitteilung?**

**Ausgangslage:**

Artikel 10 der Verordnung des UVEK über elektrische Niederspannungsinstallationen (V-UVEK, SR 734.272.3) legt den technischen Inhalt des Sicherheitsnachweises fest. Darin ist festgehalten, dass neben den Angaben nach Artikel 37 Absatz 1 der NIV die Werte der Isolationsmessung oder der Spannungsfestigkeit anzugeben sind.

Auf Isolationsmessungen kann verzichtet werden bei

- periodischen Kontrollen von elektrischen Installationen mit 20-jähriger Kontrollperiode.
- elektrischen Installationen, deren Isolationswiderstände dauernd durch geeignete Einrichtungen (z.B. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen 30 mA) überwacht werden.



## Problemstellung

Die Isolationswerte müssen bei Installationen mit Kontrollperioden von weniger als 20 Jahren gemessen werden, das heisst vor allem in Industrie- und Gewerbebauten, Bürogebäuden, Schulhäusern, Restaurants, Hotels etc. Bei solchen Bauten müssen Abschaltungen wenn möglich vermieden werden, da diese risikobehaftet sind und da Server und andere Kommunikationsanlagen rund um die Uhr laufen müssen. In den Brüstungskanälen von Bürogebäuden ist zudem die Zuordnung zu den Gruppen nicht immer ersichtlich, was eine zeitaufwendige Ausschaltung der Gruppen wegen der angeschlossenen PCs bedeutet und vielfach auf Widerstand der Benutzer stösst. Die Folge davon ist, dass die Isolationsmessung in der Praxis oft unterbleibt.

## Lösungsansatz

Seit einiger Zeit sind auf dem Markt Leckstromzangen erhältlich. Damit können Ströme gemessen werden, die auch im tiefen Milliamperebereich liegen. Die Zange funktioniert wie ein FI-Schutzschalter RCD, das heisst, bei der Messung werden die Pol- und der Neutraleiter zusammen gemessen. Wenn kein Isolationsdefekt vorliegt, muss die Summe der Ströme null betragen. Ist ein Fehler vorhanden, steigt der Summenstrom entsprechend dem über Erde abfliessenden Strom an. Dieser Fehler wird entsprechend detektiert.

Dank dieser Methode kann mit einem relativ kleinen Aufwand ein Grossteil der Fehler festgestellt und gleichzeitig auf eine Abschaltung verzichtet werden, was ein grosser Vorteil ist.

## Bedingungen für die Durchführung von Leckstrommessungen

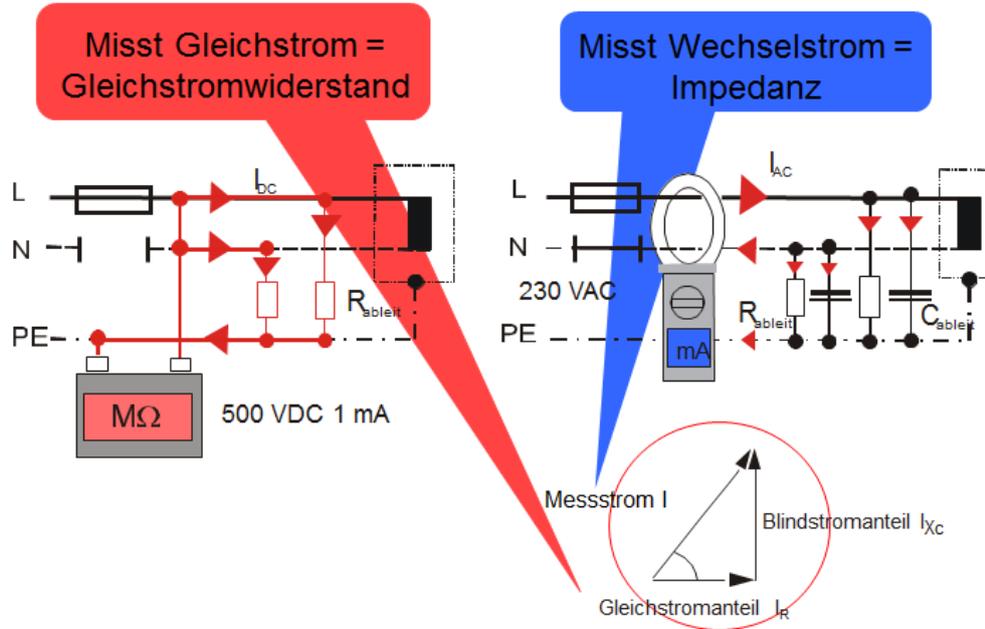
Bei periodischen Kontrollen oder bei Vorliegen von Isolationsmesswerten kann bei Verbrauchergruppen, welche nicht ohne Weiteres abschaltbar sind, anstelle der Isolationsmessung eine Leckstrommessung durchgeführt werden, sofern folgende Kriterien eingehalten werden:

- Die Anlage darf nur bei einem Belastungsstrom gemessen werden.
- Die Messgenauigkeit der Stromzange muss mindestens 0,1 mA sein.
- Bis zu einem Leckstrom von 30 mA ist der Wert zu protokollieren.
- Bei einem Leckstrom von 30 mA bis 300 mA ist zusätzlich eine Begründung zu protokollieren.
- Bei einem Leckstrom, der grösser als 300 mA ist, muss eine Isolationsmessung durchgeführt werden.
- Bei innerbetrieblichen Schlusskontrollen durch den Installateur wird eine Isolations-



messung verlangt.

### Unterschied Leckstrom-/Isolationsmessung



### Mit flexiblem Stromwandler

Funktionen und Eigenschaften:

Der flexible Stromwandler beruht auf dem Prinzip der Rogowski-Spule. Der Leiter, durch den der zu messende Strom fließt, bildet die Primärwicklung, während die Sekundärwicklung aus einer flexiblen, auftrennbaren Schleife besteht, die um den Leiter gelegt wird. Die Messschleife ist über ein geschirmtes Kabel mit einem Gehäuse verbunden, in dem sich die Auswerteelektronik und die Batterie befinden. In der Strommessschleife wird eine Spannung erzeugt, die proportional zur Ableitung des Stroms ist:

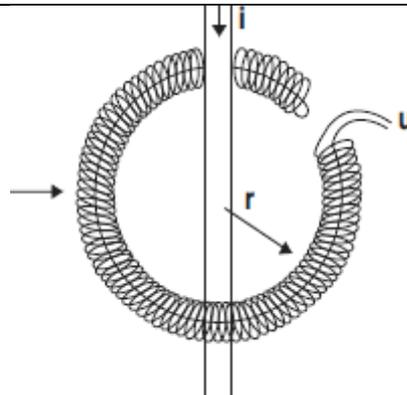
$$u = \frac{\mu_0 S n}{2\pi r} \times \frac{di}{dt}$$

wobei:

S = Fläche der Wicklung

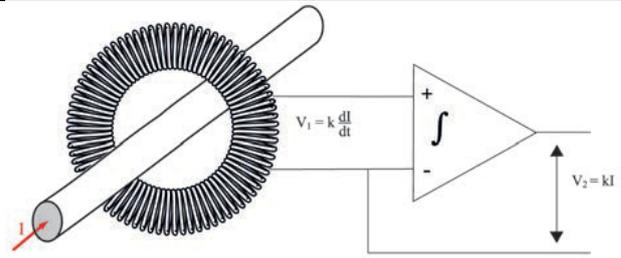
n = Anzahl Windungen

r = Radius des Torus



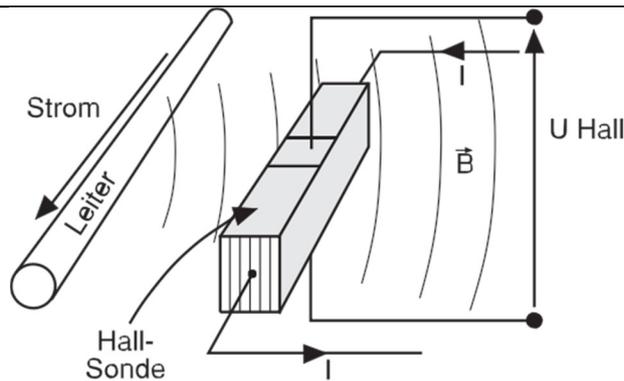


Die flexiblen Stromwandler *FLEX* und *Mini-FLEX* sind in verschiedenen Längen erhältlich und ermöglichen Wechselstrom-Messungen im Bereich von 0,5 A bis 10 kA bei industrieüblichen Frequenzen.

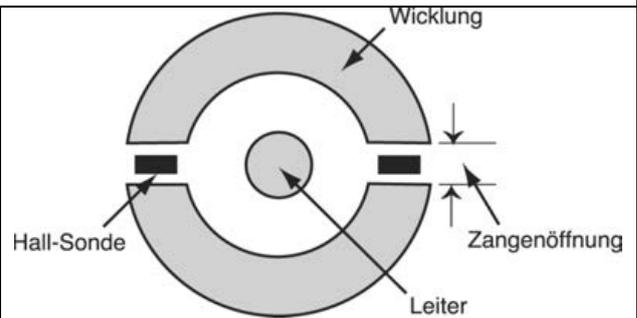


### Messen von Gleichströmen

Für die «berührungslose» Messung von Gleichströmen benutzt man den sogenannten Hall-Effekt. Ein in einem Leiter fließender Strom erzeugt bekanntlich ein Magnetfeld. Durchsetzt dieses Magnetfeld senkrecht eine sogenannte Hall-Sonde, so entsteht an deren Seitenflächen eine zum Magnetfeld proportionale Hall-Spannung.



Messprinzip Hall-Sonde



Diese Grafik zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Messzange mit Hall-Sonde. Je nach Bauart der Messzange können dabei eine oder zwei Hall-Sonden benutzt werden.



## Vor- und Nachteile von Flexwandlern:

### Vorteile:

- TRMS-wahre Effektivwerte
- Hohe Sicherheit gemäss EN 61010 Cat. IV
- Bandbreiten 3 kHz/20 kHz/1 MHz
- Auflösung 1 mA – 10 kA
- Genauigkeit ca. 1%
- Flexible grosse Öffnung
- Länge nach Wahl
- Fehlersuche, Streuströme



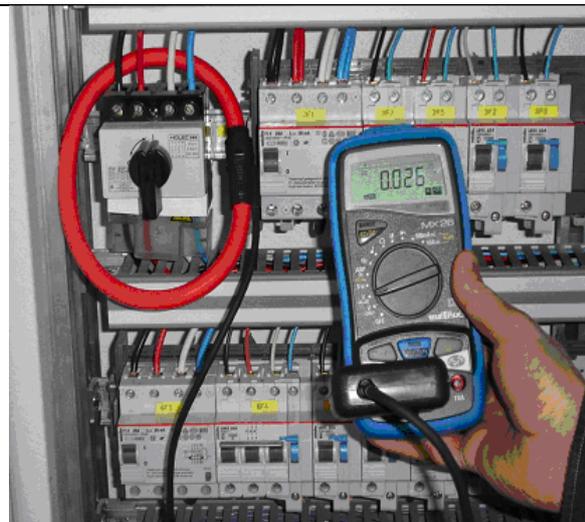
### Nachteile:

- Nur AC-Ströme TRMS
- DC-Ströme nicht möglich
- Photovoltaik ungeeignet
- Keine Auflösung im Bereich Leckstrom von 0,1 mA
- Ungeeignet für Leckstrom



### Resümee:

### Antwort des ESTI



### Rogowski-Spulen sind nicht geeignet als Leckstromzangen

Bereiche:

- 100 mV/A
- 10 mV/A

Eine Anzeige am Multimeter gemäss Bild entspricht mit der Einstellung 100 mV/A einem Leckstrom von 260 mA.

Bei der geforderten Auflösung von 0,1mA entspricht dies der Anzeige: 0,00001 V!  
Kann man da noch messen?

Nein!!!

Die heute beste Auflösung ist 1 mA!  
Das genügt jedoch nicht für die Fehlersuche und um eine Leckstrommessung nach Norm durchzuführen!

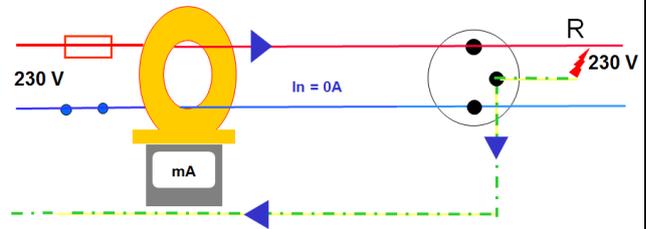


### Was sind die technischen Bedingungen zum Leckstrommessen?

- Schutzsystem TN-S, TT oder IT (N und PE getrennt) bei TN-C nicht aussagekräftig?
- Genauigkeit der Leckstromzange von 0,1 mA Auflösung
- Die Verbraucher sind eingeschaltet, d.h., auf dem N-Leiter fliesst ein Belastungsstrom (prüfen: ca. 100 mA)
- Der Isolationswiderstand ist ausreichend, wenn **jeder Stromkreis** bei nicht angeschlossenen Geräten einen Isolationswiderstand aufweist, welcher nicht kleiner ist als der in Tabelle 6.1.3.3.2.1 angegebene Wert. (B+E). Dieselben Werte müssen bei der Prüfung des Isolationswiderstands zwischen nicht geerdeten Schutzleitern und Erde erreicht werden.

Der Netzbetreiber kann auf Verlangen das Mess- und Prüfprotokoll einfordern. Art. 38 NIV

### Leckströme ohne Last findet man nur bei Erdschluss L-PE:

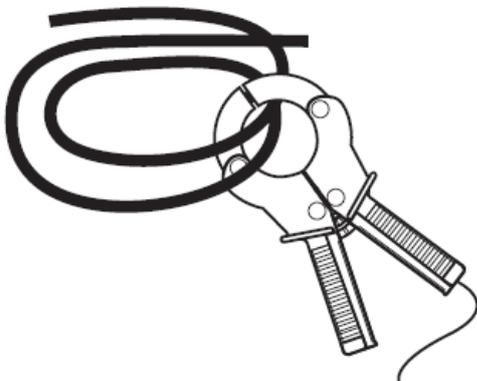


Einen Erdschluss N-PE wird man nur mit einem grösseren Betriebsstrom am Ende der Leitung finden.



### Aus Erfahrung lernen:

Leckstrom messen: Worauf ist zu achten? EN 61010



### Kleine Ströme < 100 mA

Wenn der zu messende Strom für die Messzangen zu schwach ist oder wenn eine höhere Messgenauigkeit gewünscht wird, kann man den Leiter auch mehrmals durch die Zangen führen (siehe Abb.). In diesem Fall ist der abgelesene Stromwert einfach durch die Anzahl Windungen zu teilen.



<p><b>Hall-Sonden messen AC- und DC-Ströme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 100 mA; 200 mA etc.</li> <li>• Mittelwert von AC und DC</li> <li>• TRMS-Werte bis zu deren Grenzwert gemäss Datenblatt</li> <li>• Keine Leckstrommessungen</li> </ul>				
	Strom	AC RMS	0,20 A...400,0 A eff. (600 A Spitze)	1,5% Anz. + 2 D
		DC	0,20 A...400,0 A	1,5% Anz. + 2 D
		AC+DC RMS	0,20 A...400,0 A (600 A Spitze)	1,5% Anz. + 2 D
	<p><b>Messen der Schutzleiterströme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Leckstromprüfung</li> <li>• Störungssuche</li> <li>• Fehlersuche</li> <li>• Weitgehende Unempfindlichkeit gegen Ströme angrenzender Leiter</li> <li>• Ein ausschaltbarer Oberwellenfilter erleichtert die Fehlersuche in gestörten Systemen</li> </ul>			

André Moser, Leiter Inspektionen Fehraltorf

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI  
Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf  
Tel. +41 44 956 12 12  
Fax +41 44 956 12 22  
info@esti.admin.ch  
www.esti.admin.ch