

Geräte in der Anzeige signalisieren. Der Widerstand des Hilfserders ist bei den Erdungsmessverfahren b) und c) begrenzt, wobei ein Verhältnis von Hilfserderwiderstand  $R_H$  zu Erderwiderstand  $R_E$  maßgebend ist. Wird das Verhältnis  $R_H/R_E$  groß, ist die Messspannung am Erder E, die über die Sonde gemessen wird, klein, siehe Bild 9.12.



**Bild 9.22** Digitales Erdungsmessgerät, automatisch messend, „MRU-200“ (Foto: Somel [3.38])

Ein Beispiel soll das verdeutlichen:

Die Spannungsquelle  $G$  sei AC 50 V, der Hilfserder  $R_H = 1 \text{ k}\Omega$  (häufiger Wert) und der Erder  $R_E = 1 \text{ }\Omega$ . Dann ist  $R_H/R_E = 1000$  und die Messspannung am Erder 50 mV. Damit kommen die meisten Geräte noch zurecht. Ältere Geräte versagen bereits bei  $R_H/R_E > 500$ . Die neuen elektronischen Geräte messen bis zu einem Verhältnis 1/10000. Aber auch diese können versagen. Nicht unüblich sind z. B. folgende Werte:  $R_E = 0,1 \text{ }\Omega$ ,  $R_H = 3 \text{ k}\Omega$ , dann ist  $R_H/R_E = 30000$ ! Hier versagen alle Geräte, und der Hilfserder muss verbessert werden, tiefere oder mehrere schlagen, evtl. anfeuchten.

Die neuesten digitalen Geräte begegnen diesem Problem, indem sie in der Anzeige beim Überschreiten von  $R_H$  ein Zeichen setzen. Recht aufschlussreich tut es das Gerät „Saturn Geo X“ in Bild 9.16. Es zeigt bei Überschreitung in der Anzeige automatisch den Wert des Hilfserderwiderstands an. Auch kann man nach ordnungsgemäß ausgeführter Messung alle Werte abfragen, d. h.  $R_H$ ,  $R_S$ ,  $R_E$  und die Messfrequenz.

### c) **Geräte nach dem Kompensationsverfahren nach DIN EN 61557-5 (VDE 0413-5):2007-12 [2.122]**

Sie arbeiten nach dem in Abschnitt 9.4.3 c) beschriebenen Verfahren (Bild 9.14), benötigen außer der Sonde noch einen Hilfserder, sind dafür aber völlig vom Netz unabhängig. Sie haben ihre eigene Spannungsquelle ( $\leq 50 \text{ V}$ , um 100 Hz) und beziehen die Energie aus einer Batterie, im Gegensatz zu den Geräten nach dem in a) genannten Verfahren. Zum Messen des spezifischen Erdwiderstands können nur die unter b) und c) genannten Geräte verwendet werden.

In DIN EN 61557-5 (VDE 0413-5):2007-12 [2.122] wird für solche Geräte u. a. gefordert:

Ausgang: Wechselspannung max. 50/25 V (Effektivwert), 70/35 V Scheitelwert.

Bei 30 % Gebrauchsfehler:

- Sondenwiderstand: zulässig  $R_S = 0$  bis  $100 \cdot R_A, \leq 50 \text{ k}\Omega$ ,
- Hilfserderwiderstand: zulässig  $R_H = 0$  bis  $100 \cdot R_A, \leq 50 \text{ k}\Omega$ .

**Batteriegeräte** erzeugen die Messwechselspannung mit elektronischem Wandler aus der Gleichspannung. Mit einem veränderlichen Widerstand wird die Messbrücke auf „null“ abgeglichen. Als Widerstände dienen kalibrierte Potentiometer oder Stufenschalter, an denen man den gemessenen Widerstand nach Nullabgleich ablesen kann. Als Nullindikator dienen meist Drehspulinstrumente mit Nullpunkt in der Mitte, auch Nullgalvanometer genannt.

**Kurbelinduktor:** Die Messwechselspannung wird von einem Dynamo mit Handkurbel erzeugt – ähnlich wie bei einem Isolationsmesser mit Kurbelinduktor. Die Spannung an der Sonde S wird von einem in Ohm kalibrierten Instrument angezeigt. Diese Geräte arbeiten nach dem Ausschlagverfahren (keine Nullkompensation), wie unter b) beschrieben, mit eigener, von 50 Hz verschiedener Messfrequenz.

Sie werden seit einigen Jahren nicht mehr hergestellt und sind nur als ältere Geräte noch in Gebrauch.

#### d) Erdungsmessgeräte mit Zangenstromwandler

Um den Erdungswiderstand eines einzelnen Erders zu messen, muss er bei Verwendung der bisher beschriebenen Messgeräte abgeklemmt werden. Mit den Geräten C.A 6471, Geohm 5, „Saturn Geo X“, „Saturn Geo plus“ und Sonel MRU-200, **Tabelle 9.9** kann man bei einer Parallelschaltung mehrerer Erder einen einzelnen Erder messen, ohne ihn abklemmen zu müssen. In die Parallelschaltung wird wie bisher in Drei- oder Vierleiterschaltung ein Gesamtstrom über den Hilfserder eingespeist. Das Gerät misst zunächst den Gesamtstrom und die Spannung an der Parallelschaltung, ermittelt daraus den Gesamtwiderstand und zeigt ihn digital an. Über einen Zangenstromwandler, den es auch mit großer Öffnung gibt, kann man nun an einem Erder den Teilstrom messen. Hieraus ermittelt das Gerät den Teilwiderstand. Bei dieser Messung sind nach wie vor Sonde und Hilfserder erforderlich.

Bezeichnung	Geräteausführung – Daten	Hersteller	Preise 2010 in €
Telaris Erde 8986	handliches Gerät, digital LC-Anzeige – 3 1/2-Stellen, //U-Messung, 2-3-4-polig, 0,001 ... 1 999 Ω, 25/50 V, 127/1 140 Hz	Beha-Amprobe [3.20]	494,00
Set 1362	Tasche mit vier Erdungsmessspießen und zwei Messleitungsroller à 25 m, eine Messleitung 5 m		118,00

**Tabelle 9.9** Erdungsmesser verschiedener Hersteller nach DIN EN 61557 (VDE 0413) (Preise unverbindlich)

Bezeichnung	Geräteausführung – Daten	Hersteller	Preise 2010 in €
C.A 6421	analoges Erdungsmessgerät; 2-3-Leiterschaltung; automatische Messbereiche 0,01 ... 20; 200; 2000 Ω; 2-3-Leiterschaltung, $f=128$ Hz	Chauvin Arnoux [3.21]	487,00
C.A 6423	wie C.A 6421, 2-3-Leiterschaltung, digitale Anzeige		591,00
C.A 6460	digitales Erdungsmessgerät 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> -stellig; 2-3-4-Leiterschaltung, automatische Messbereiche 0,01 ... 20; 200; 2000 Ω; $f=128$ Hz, Batteriebetrieb		705,00
C.A 6462	wie C.A 6460, Akkubetrieb		939,00
C.A 6470	digitales Erdungsmessgerät, 2-3-4-Leiterschaltung; Messbereich 0,001 Ω ... 100 kΩ; Messfrequenzen 41 ... 512 Hz; automatische Berechnung des Kopplungsfaktors und des spezifischen Erdwiderstands	Chauvin Arnoux [3.21]	1212,00
C.A 6471	wie C.A 6470, jedoch mit Zangenstrommessung		1818,00
P01.1020.21	Zubehörtasche, zwei Erdspieße, zwei Messleitungen		170,00
P01.1020.24	Erdungsmesskoffer Nr. 2, vier Erdspieße, vier Messleitungen		382,00
C.A 6410	Erdungsprüfzange, Messung ohne Erdspieße, 0,1 ... 50 Ω		1125,00
C.A 6412	wie C.A 6410, Widerstands- und Strommessung		1215,00
C.A 6415	wie C.A 6412, SchwellenwertEinstellung und MesswertSpeicherung		1273,00
Geohm C	Batteriebetrieb, 2-3-4-Leiterschaltung, 128 Hz, max. 50 V digital, Messbereichsumschaltung automatisch 0,01 Ω ... 10 kΩ		GMC-I [3.22]
Geohm 5	Batteriebetrieb, digitale Anzeige, 1- und 2-Zangenmessung, nur Vierleitermessung	805,00	
Erdungsmessset E-Set 5 Koffer	ein Leitungsroller mit 25 m, drei Messleitungen à 0,5 m, zwei Leitungsroller mit 50 m, eine Messleitung 2 m, vier Erdbohrer, eine Prüfklemme	646,00	
Fluke 1625 (Saturn Geo X)	automatische mikroprozessorgesteuerte Messung, vierstellige digitale Anzeige, 2-3-4-Leiterschaltung, sechs Messbereiche, automatisch umschaltend von 1 mΩ ... 300 kΩ, Messfrequenz automatisch 55 ... 128 Hz; Spannung 20 V oder 48 V, Kurzschlussstrom: 250 mA mit Zangenstrommessung, Erder braucht nicht aufgetrennt zu werden (mit Koffer-Set)	Fluke [3.24]	a. A.

**Tabelle 9.9 (Fortsetzung)** Erdungsmesser verschiedener Hersteller nach DIN EN 61557 (VDE 0413) (Preise unverbindlich)

Bezeichnung	Geräteausführung – Daten	Hersteller	Preise 2010 in €
Fluke 1623 (Saturn Geo plus)	automatische Messbereiche 1 mΩ ... 300 kΩ, digitale Anzeige, Messfrequenz automatisch 55 Hz ... 128 Hz, $I_k = 250$ mA, 3-4-Leiterschaltung	Fluke [3.24]	a. A.
Heme 1630	Erdungsprüfzange, Messung ohne Erdspeiße		a. A.
Fluke 1621 (Handy Geo)	Multimetergehäuse, digital, Messbereich: 10 mΩ ... 2 kΩ, 25 V, 128 Hz, $I_k = 50$ mA, 2-3-Leiterschaltung, mit Geo-Messset		a. A.
MRU-200	2-3- 4-Leitermessung, Messung bei vorhandenen Störspannungen, Surge-Method-Messung (4/10 μS, 10/350 μS), mit Zangenstrommessung (1 oder 2 Zangen)	Sonel [3.38]	2070,00

**Tabelle 9.9 (Fortsetzung)** Erdungsmesser verschiedener Hersteller nach DIN EN 61557 (VDE 0413) (Preise unverbindlich)

Erdungsprüfzangen, C.A 6410, C.A 6412 und C.A 6415 von Fa. Chauvin Arnoux [3.21], siehe Bild 9.21 und Tabelle 9.9, messen gänzlich ohne Sonde und Hilfserder, jedoch mit einer Einschränkung. Sie messen den Widerstand einer Erdschleife. Die Messung ergibt gute Werte, wenn die parallelen Widerstände kleiner sind als der zu messende Widerstand. Die Geräte haben in der Zange zwei Eisenringkerne. Die Zange muss bei der Messung eine Erdschleife umschließen, z. B. eine Leitung eines Einzelerders, an dem parallel mehrere Erder liegen. In diese Schleife induziert das Gerät mit dem einen Ringkern eine Spannung und misst mit einer Spule auf dem zweiten Ringkern den Strom, der vom Widerstand der Schleife abhängt. Es wird also der Erdungswiderstand plus dem Widerstand der parallel geschalteten Erder gemessen. Die Messgeräte C.A 6471, Geohm 5, „Saturn Geo X“, „Saturn Geo plus“ und Sonel MRU-200 können ebenso wie die Erdungsprüfzangen mit zwei separaten Zangen nach der zuvor beschriebenen Methode messen.

## 9.5 Prüfung der Schleifenimpedanz und des Kurzschlussstroms

Die Abschaltbedingung im TN-System mit Überstromschutz (siehe Abschnitte 4.2.4 und 7.4.2 sowie Tabellen 4.4 und 4.5) muss durch Prüfung der Schleifenimpedanz sichergestellt werden.

Es ist die Schleifenimpedanz zu ermitteln zwischen:

- Außenleiter und Schutzleiter,
- Außenleiter und PEN-Leiter.