

Das neuentwickelte Hochfrequenz- und Gleichspannungsmillivoltmeter URV mißt Gleich- und Wechselspannungen von 0,5 mV (50 μ V bei DC) bis 1000 V. Ein kleiner HF-Tastkopf mit reichhaltigem Zubehör und die bewährten koaxialen Durchgangsköpfe machen es für die verschiedensten HF-Spannungsmessungen im Frequenzbereich 1 kHz bis 1,6 GHz geeignet.

Das neue URV — ein HF-DC-Millivoltmeter mit erweiterten Meßmöglichkeiten

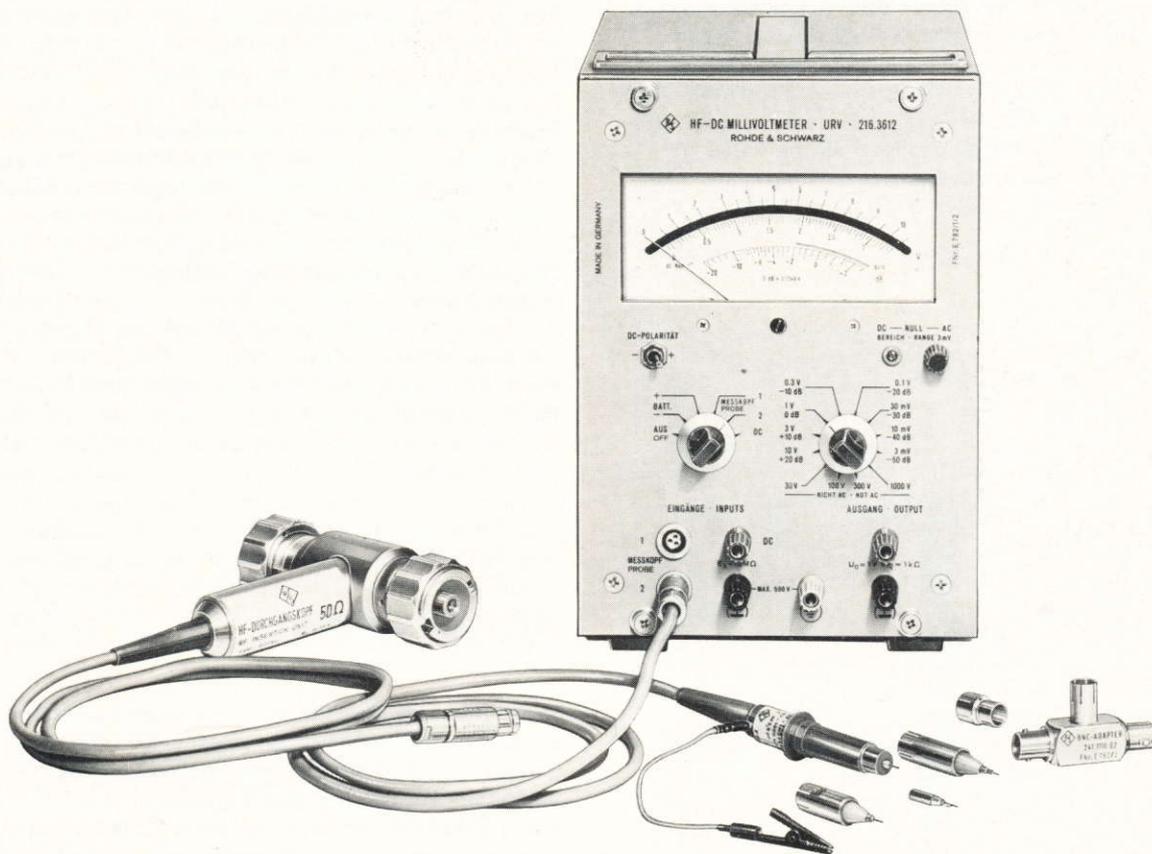


BILD 1 HF-DC-Millivoltmeter URV mit Tast- und Durchgangskopf.

Foto 22 162

Typenreihe URV

Im Jahr 1956 brachte Rohde & Schwarz als erstes Gerät der Typenreihe URV ein UHF-Millivoltmeter mit Tast- und Durchgangskopf heraus. Das Gerät enthielt einen direkt gekoppelten Gleichspannungsverstärker in Röhrentechnik; zur HF-Gleichrichtung wurden in Tast- und Durchgangskopf spezielle Germanium-Spitzendioden verwendet. Als Zubehör zum Tastkopf gab es kapazitive Spannungsteiler. Im Unterschied zu den bis dahin

gebräuchlichen Röhrevoltmetern dienten diese Spannungsteiler nicht nur zur Meßbereichserweiterung, sondern sie waren konstruktiv so ausgebildet, daß sie gleichzeitig eine beträchtliche Verringerung der Eingangskapazität des Tastkopfes bewirkten*. Die Kombination dieser Spannungsteiler mit einer

* Hierzu Hacks, J.; Schumacher, B.: Messung von VHF- und UHF-Spannungen mit dem Röhrevoltmeter. Elektronische Rundschau 10 (1956), Nr. 9, S. 247–249.

hohen Grundempfindlichkeit des Gerätes (kleinster Teilbereich 20 mV) ermöglichte erstmals die Messung von HF-Spannungen unter 1 V mit einer Lastkapazität unter 1 pF. Dieser für die Spannungsmessung an HF-Schwingkreisen entscheidende Vorteil war wohl der Hauptgrund für den großen Erfolg dieses Gerätes. Koaxiale Durchgangsköpfe ermöglichten die Messung von HF-Spannungen in Koaxialsystemen.

Das transistorierte Nachfolgegerät brachte im Jahre 1964 eine Erhöhung der Empfindlichkeit (kleinster Teilbereich 10 mV). Zur Verbesserung der Stabilität des elektrischen Nullpunktes wurde der Gleichspannungsverstärker als Zerhackerverstärker mit Fotozerhacker aufgebaut. Durch eine Regelschaltung im Grundgerät und einen zusätzlichen Vergleichsgerichter in Tast- und Durchgangskopf konnte eine Linearisierung der Skalenteilung erreicht werden. Gegenüber dem Vorgängergerät, das für jeden Meßbereich eine eigene Skala benötigte, hatte das neue Gerät nur zwei spannungsproportionale Skalen mit den Endwerten 10 und 3 sowie eine zusätzliche dB-Skala. Das neue Schaltungsprinzip brachte außerdem den Vorteil der beliebigen Austauschbarkeit der Tast- und Durchgangsköpfe. Die Gleichspannungsbereiche eröffneten zusätzliche Meßmöglichkeiten.

Mit dem neuen HF-DC-Millivoltmeter stellt Rohde & Schwarz nun das dritte Gerät der Typenreihe URV vor (Bild 1). Gegenüber dem Vorgängergerät wurden die Empfindlichkeit erhöht (kleinster Teilbereich 3 mV) und die Garantiefehlergrenzen eingengt (Grundfehler für HF-Messung $\leq 2\%$). Der neue HF-Tastkopf ist wesentlich kleiner und handlicher als die Vorgängertypen und deshalb besser für Messungen in gedruckten Schaltungen und kleinen Meßaufbauten geeignet. Mit dem neuen

koaxialen Tastkopf-Durchgangsadapter lassen sich in Koaxialkreisen Spannungen bis 350 V messen. Zur Erleichterung von Vierpolmessungen wurde das Gerät mit zwei Meßkopf-Eingängen ausgerüstet. Der Gleichspannungsausgang ermöglicht den Anschluß von Gleichspannungsschreibern und Digitalvoltmetern. Besonderer Wert wurde auf gute HF-Dichtigkeit auch für die Gleichspannungsmessung gelegt. Ein besonderer Vorzug des neuen URV ist die Stromversorgung aus Trockenbatterien mit hoher Betriebsstundenzahl, wodurch völlige Erdfreiheit erreicht wird.

HF-Tastkopf und Zubehör

Bild 2 zeigt den neuen HF-Tastkopf zum URV mit dem wichtigsten Zubehör. Durch die Tastkopfspitze und die beiden anschraubbaren Meßspitzen bietet der Tastkopf vielfältige Anschlußmöglichkeiten. Bei der Messung muß auf eine gute Masseverbindung zwischen Tastkopf und Meßobjekt geachtet werden. In den meisten Fällen genügt ein Massekabel, das am kabelseitigen Ende des Tastkopfes angeschraubt wird. Für hohe Meßgenauigkeit bei Frequenzen über 10 MHz steckt man zur Erdung eine Massehülse mit Anlötband an der Vorderseite des Tastkopfes auf. Die neuen kapazitiven Vorsteckteile haben die Dämpfungen 20 und 40 dB, ihre Eingangskapazitäten sind 1 und 0,5 pF. Der 20-dB-Teiler erhöht den Eingangs-Wirkwiderstand des Tastkopfes etwa um den Faktor 100. Neu ist ein kleiner Durchgangsadapter mit BNC-Anschlüssen. Bei nicht zu hohen Ansprüchen an den Reflexionsfaktor kann man mit Tastkopf und Durchgangsadapter in Koaxialsystemen bis 1 GHz messen, wobei eine überlagerte Gleichspannung nicht stört. Über eine Reduzierhülse läßt sich der Tastkopf auch mit aufgesetztem Vorsteckteiler im Durchgangsadapter verwenden, so daß im Rahmen der zulässigen Spannung der BNC-Kabel Spannungsmessungen bis über 100 V in Koaxialsystemen möglich sind. Dadurch eignet sich das neue URV gut zum Messen der Ausgangsspannung kleinerer HF-Sender.

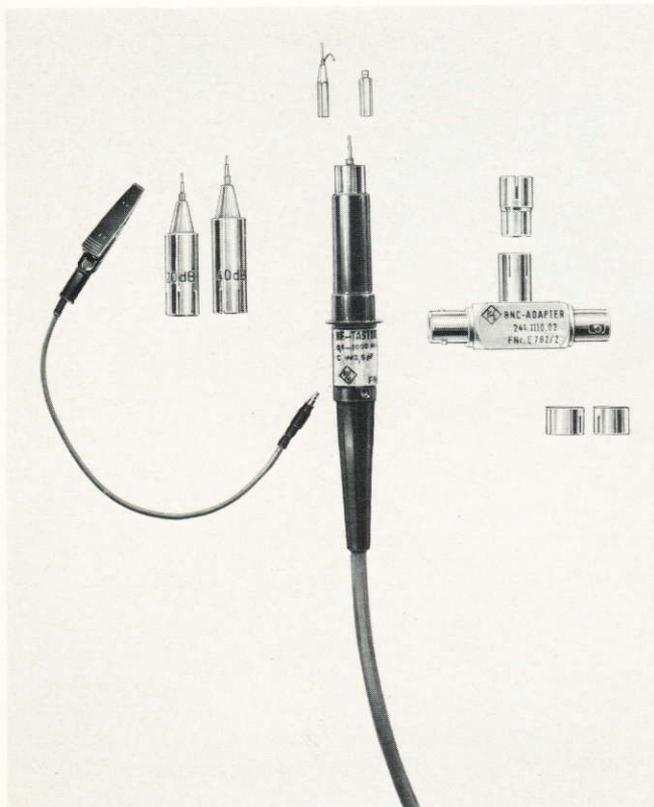


BILD 2 HF-Tastkopf mit Zubehör. Links vom Tastkopf die Vorsteckteile 20 und 40 dB sowie das Masseband mit Klemme, rechts BNC-Durchgangsadapter mit Reduzierhülse für Vorsteckteiler, Massehülse für Tastkopf und Vorsteckteiler zur Befestigung eines Massebandes, oben Hakenspitze und Anlötspitze. Foto 22 163

Arbeitsweise

Neben dem Meßgleichrichter für die zu messende HF-Spannung enthalten Tast- und Durchgangskopf noch je einen ähnlich aufgebauten Vergleichsgerichter, dem eine im Gerät erzeugte Vergleichs-Wechselspannung zugeführt wird (Bild 3). Die Differenz der beiden Richtspannungen wird über einen Spannungsteiler dem Gleichspannungsverstärker zugeführt, der sich aus einem Zerhackerverstärker mit Feldeffekt-Transistoren in der Zerhackerschaltung, einem Tiefpaß zur Siebung der Ausgangsspannung des Synchrongleichrichters und einem direkt gekoppelten integrierten Verstärker zusammensetzt. Auf diesen Verstärker folgt eine Begrenzerschaltung, die wie ein Gleichrichter wirkt und negative Spannungen durchläßt, positive dagegen sperrt. Diese Begrenzerschaltung ist für die Stabilität des Regelkreises nötig.

Im Rückführungskreis wird die Ausgangsgleichspannung zunächst um 20 dB gedämpft und dann in einer Zerhackerschaltung in eine amplitudengleiche Rechteckspannung umgeformt. Diese wird entsprechend dem Meßbereich geteilt, mit Hilfe des Filters in eine Sinusspannung umgewandelt, in einem Treiberverstärker verstärkt und über einen Übertrager dem Vergleichs-

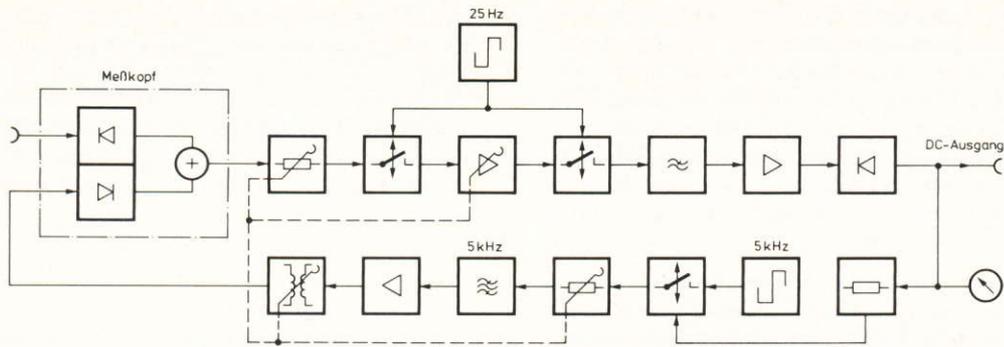


BILD 3 Blockschaltbild des HF-DC-Millivoltmeters URV für die Wechselspannungsmessung.

gleichrichter zugeführt. Wegen der hohen Schleifenverstärkung des Regelkreises stellt sich die Amplitude der Vergleichsspannung so ein, daß die Differenz der Richtspannungen bis auf einen kleinen Regelrest Null ist. Da die Dioden in Meß- und Vergleichsrichtern auf gleiche Richtkennlinie ausgesucht werden, sind dann bei gleicher Kurvenform die Effektivwerte von Meßspannung und Vergleichsspannung gleich.

Durch den Rückführungskreis wird eine Proportionalität zwischen Ausgangsgleichspannung und Effektivwert der Vergleichsspannung und demnach auch zwischen Ausgangsgleichspannung und Effektivwert einer sinusförmigen Meßspannung hergestellt. Die Anzeige des Instrumentes ist deshalb proportional dem Effektivwert einer sinusförmigen Meßspannung. Dieser Regelkreis hat den großen Vorteil der freien Austauschbarkeit der Tast- und Durchgangsköpfe, da für die Meßgenauigkeit nur der Grad der Übereinstimmung der Richtkennlinien der Dioden innerhalb eines Meßkopfes maßgebend ist.

Die Meßbereiche werden mit dem Rückführungsteiler und der Übersetzung des Übertragers eingestellt. Gleichzeitig werden der Vorteiler und die Verstärkung des Zehackerverstärkers so umgeschaltet, daß die Schleifenverstärkung konstant bleibt und die Verstärker immer im optimalen Aussteuerbereich arbeiten. Bei der Gleichspannungsmessung ist die Begrenzerschaltung außer Betrieb. An Stelle des Rückführungskreises wird zwischen Gleichspannungsausgang und Minus-Eingang des Zehackerverstärkers ein Gegenkopplungsteiler eingeschaltet, der zusammen mit einem Vorteiler zum Umschalten der Meßbereiche dient.

Kurvenformabhängigkeit der Anzeige

Die Instrumentenskala des URV zeigt den Effektivwert einer Sinusspannung an. Bei nichtsinusförmiger Meßspannung ist die Kurvenformbewertung des Meßgleichrichters zu beachten. Bild 4 stellt für die in Tast- und Durchgangskopf verwendete Germanium-Spitzenodiode den Zusammenhang zwischen Richtspannung und Spitzenwert einer sinusförmigen Eingangsspannung dar. Bei kleinen Spannungen bis etwa 30 mV wirkt die Schaltung als echter Effektivwertgleichrichter, in diesem Bereich ist die Richtspannung unabhängig von der Kurvenform dem Quadrat des Effektivwertes proportional.

Für Spannungen ab 1,5 V wirkt die Schaltung dagegen als Spitzenwertgleichrichter. Zwischen 30 mV und 1,5 V liegt ein Bereich mit kontinuierlichem Übergang von Effektiv- zu Spitzenbewer-

tung. Der Durchgangskopf enthält einen Einweggleichrichter, dessen Richtspannung gleich dem negativen Scheitelwert der Eingangsspannung ist. In den Tastkopf ist dagegen ein Zweiweggleichrichter eingebaut, die Richtspannung ist gleich dem Scheitel-Scheitelwert der Meßspannung.

Die Nichtlinearität der Richtkennlinie ist der Grund dafür, daß in älteren HF-Voltmetern mit Diodentastkopf für jeden Meßbereich eine eigene Skala nötig war. Der Regelkreis des URV bewirkt nun eine Linearisierung der Skalenteilung, die jedoch nur für Sinusspannung korrekt ist, da auch die Vergleichsspannung sinusförmig ist und man deshalb in Meß- und Vergleichsrichtern die gleiche Richtkennlinie erhält. Das bedeutet für die praktische Anwendung: In den beiden empfindlichsten Meßbereichen 3 und 10 mV, bei nicht zu großem Scheitelfaktor der

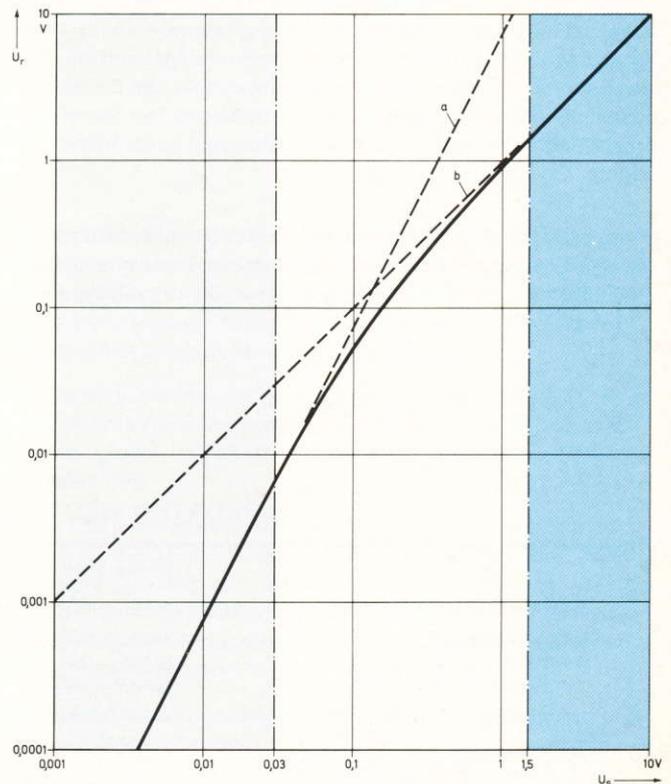


BILD 4 Richtspannung U_r eines Einweggleichrichters mit Ge-Spitzendiode als Funktion des Scheitelwertes einer sinusförmigen Eingangsspannung U_s . Hellblauer Bereich: echte Spitzenwertgleichrichtung, dunkelblauer Bereich: echte Effektivwertgleichrichtung, Kurve a Kennlinie des idealen quadratischen Gleichrichters und Kurve b die des idealen Spitzenwertgleichrichters.

Meßspannung auch im Bereich 30 mV, zeigt das URV den echten Effektivwert der Meßspannung an. Durch die kapazitiven Vorsteckteiler läßt sich dieser Bereich bis 3 V erweitern. In den Bereichen 3 und 10 V (mit Vorsteiler bis 1000 V), mit geringerer Genauigkeit auch im Bereich 1 V, mißt das URV unabhängig von der Kurvenform mit dem Tastkopf den Scheitel-Scheitelwert, mit dem Durchgangskopf den negativen Scheitelwert der Meßspannung, die Skala zeigt jedoch Effektivwerte für Sinusspannung an.

Bei Messungen mit dem Tastkopf ist zu berücksichtigen, daß im Bereich der Spitzenwertgleichrichtung (ab etwa 100 mV) ein impulsförmiger Eingangsstrom fließt. Dies stört nicht bei Messungen an niederohmigen Quellen und an Schwingkreisen. An hochohmigen Quellen bewirken die Stromimpulse jedoch eine Signalverzerrung. Dieser störende Effekt wird durch die kapazitiven Vorsteckteiler sehr stark vermindert. Beim Messen modulierter HF-Spannungen ist der Zusammenhang zwischen Modulationsart, Modulationsfrequenz und Entladezeitkonstante des Meßgleichrichters zu beachten.

Batteriebetrieb

Zur Stromversorgung des neuen URV dienen sechs Monozellen IEC R 20. Wegen der durch den Batteriebetrieb gewonnenen Ortsunabhängigkeit eignet sich das Gerät besonders gut für Messungen in größeren Anlagen sowie in Fahrzeugen und im Freien. Ein Batteriesatz reicht für etwa 5000 Betriebsstunden (sieben Monate Dauerbetrieb). Es ist deshalb nicht nötig, das Gerät nach jeder Messung auszuschalten, wie man es sonst bei batteriebetriebenen Geräten gewohnt ist. Es empfiehlt sich, Monozellen hoher Qualität zu verwenden, da gewöhnlich nur deren Lagerfähigkeit für die Betriebsdauer maßgebend ist, und den Batteriesatz alle zwei Jahre auszuwechseln. Die Batteriespannung läßt sich am Instrument kontrollieren. Der Stromverbrauch und damit auch die Batteriekosten sind außerordentlich gering.

Wegen des fehlenden Schutzleiteranschlusses muß der Erdung des Gerätes besondere Beachtung geschenkt werden. Bei kleinen Meßspannungen sollte das Gerätegehäuse unabhängig von

der besonderen HF-Erdung von Tast- und Durchgangskopf mit dem Erdpunkt des Meßobjektes verbunden werden. Man vermeidet so Erdschleifen über den Schutzleiter des Netzes und die dadurch verursachten Störspannungseinkopplungen, die bei netzbetriebenen Geräten Schwierigkeiten verursachen. Bei der Messung von HF- und Gleichspannungen über 40 V ist eine zuverlässige Erdung des Gerätes aus Sicherheitsgründen erforderlich.

Anwendung

Beim Messen von HF-Spannungen in Breitbandverstärkern werden durch die geringe Lastkapazität störende Phasendrehungen vermieden, was für die Stabilität gegengekoppelter Verstärkerstufen von Bedeutung ist. Bei der Messung von HF-Spannungen an Schwingkreisen in Oszillatoren, Schmalbandverstärkern und Filtern erhält man mit Tastkopf und Vorsteckteiler wegen der kleinen Eingangskapazität und des hohen Wirkwiderstandes der Vorsteckteiler nur eine geringe Verstimmung und Dämpfung der Kreise. Das URV ermöglicht leichten Abgleich auf Maximum, Minimum oder Sollwert einer Spannung. Ebenso ist das Aufsuchen eines Maximums, Minimums oder der 3-dB-Punkte als Funktion der Frequenz leicht möglich.

Bei der Messung von HF-Spannungen in Koaxialsystemen ergeben sich mit dem Durchgangskopf nur ein kleiner Frequenzgangfehler und geringe Reflexion, der Frequenzbereich ist 1 kHz bis 1,6 GHz. Mit Durchgangsadapter und Tastkopf hat man den Vorteil einer kleinen und handlichen Meßanordnung. Mit den Vorsteckteilern kann der Spannungsmeßbereich bis maximal 350 V erweitert werden, die Grenze ist nur durch die zulässige Spannung der BNC-Anschlußkabel gegeben. Besonders rationell läßt sich mit dem neuen URV der Frequenzgang der Verstärkung oder Dämpfung von Vierpolen messen. Dazu werden an das Gerät zwei Meßköpfe angeschlossen und mit Eingang und Ausgang des Vierpols verbunden. Durch Umschaltung am Gerät werden Spannung oder Spannungspegel am Eingang und Ausgang des Vierpols angezeigt, woraus sich leicht Verstärkung beziehungsweise Dämpfung berechnen lassen.

K. H. Blankenburg

KURZDATEN DES HF-DC-MILLIVOLTMETERS URV

	Meßbereiche	Frequenzbereich	
URV und Durchgangskopf	3 mV ... 10 V	1 kHz ... 1,6 GHz	$Z_o = 50, 60, 75 \Omega$
URV und Tastkopf	3 mV ... 10 V	100 kHz ... 1 GHz	$C_e = 2,5 \text{ pF}$
mit Teiler 20 dB	30 mV ... 100 V	2 MHz ... 500 MHz	$C_e = 1 \text{ pF}$
mit Teiler 40 dB	300 mV ... 1000 V	1 MHz ... 500 MHz	$C_e = 0,5 \text{ pF}$
DC-Eingang	3 mV ... 1000 V	DC	$R_e = 10 \text{ M}\Omega$
Mit 30-kV-Taster	$\leq 30 \text{ kV}$	DC	$R_e = 1 \text{ G}\Omega$
Stromversorgung	6 Monozellen IEC R 20, ca. 5000 Betriebsstunden		
Abmessungen (B×H×T)	162 mm × 238 mm × 275 mm		
Gewicht	4 kg (mit Batterien)		
Bestellnummer	216.3612 ...		

NÄHERES DURCH LESERDIENST KENNZIFFER 60/1