

Anlage 20

vom 2009-08-10 zur Akkreditierungsurkunde des Kalibrierlaboratoriums

Registriernummer:

DKD-K-04201

Seite 1 von 6

bei
Trescal GmbH
Borsigstraße 11
64291 Darmstadt

Telefon: 06151 9 344-451
Telefax: 06151 9 344-444
E-Mail: Roland.Moeller@trescal.com

Leiter: Dipl.-Ing. Henner Mittag
Stellvertreter: Dipl.-Ing. Boguslaw Kalandyk
Dipl.-Ing. (FH) Roland Möller
Günter Bleith
Dipl.-Ing. (FH) Harald Würschig

Akkreditiert seit: 1983-05-31

Messgrößen:
Gleichspannung *)
Gleichstromstärke *)
Gleichstromwiderstand *)
Wechselspannung *)
Wechselstromstärke *)
Kapazität
Induktivität
Oszilloskop *)
Bandbreite *)
Anstiegszeit *)
HF-Spannung
Frequenz *)
Zeitintervall *)
Länge: Durchmesser,
Längenmessmittel

*) auch Vor-Ort-Kalibrierungen

Permanentes Laboratorium

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Gleichspannung	0,1 V 1 V 10 V, 100 V, 1000 V		$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$ $2 \cdot 10^{-6} \cdot U$ $2,5 \cdot 10^{-6} \cdot U$	Kalibrieren mit Fluke 752A U = Messwert
	0 V		2 μ V	U = Messwert
	1 μ V bis 0,12 V > 0,12 V bis 1,2 V > 1,2 V bis 12 V > 12 V bis 100 V > 100 V bis 200 V > 200 V bis 500 V > 500 V bis 700 V > 700 V bis 1000 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \mu$ V $4,5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \mu$ V $4,5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3 \mu$ V $6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 40 \mu$ V $6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV $9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV $13 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV $20 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV	
Gleichstromstärke	1 μ A bis 120 μ A > 120 μ A bis 1,2 mA > 1,2 mA bis 12 mA > 12 mA bis 120 mA > 120 mA bis 1,05 A		$20 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2$ nA $20 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8$ nA $20 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80$ nA $40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,7 \mu$ A $0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 15 \mu$ A	I = Messwert
	> 1,05 A bis 12 A		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,2$ mA	mit Fluke Y 5020
Stromquellen	> 12 A bis 20 A		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,2$ mA	mit Fluke Y 5020
Stromstärkemessgeräte	> 12 A bis 20 A		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,22$ mA	mit Fluke Y 5020
Gleichstromwiderstand Normalwiderstände	0,01 Ω 1 Ω ; 10 k Ω		$27 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $5,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$	R = Messwert
	1 m Ω bis 12 m Ω > 12 m Ω bis 120 m Ω > 0,12 Ω bis 1,2 Ω > 1,2 Ω bis 12 Ω > 12 Ω bis 120 Ω > 120 Ω bis 1,2 k Ω > 1,2 k Ω bis 12 k Ω > 12 k Ω bis 120 k Ω > 120 k Ω bis 1,2 M Ω > 1,2 M Ω bis 12 M Ω > 12 M Ω bis 120 M Ω		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,3 \mu$ Ω $40 \cdot 10^{-6} \cdot R + 25 \mu$ Ω $35 \cdot 10^{-6} \cdot R + 60 \mu$ Ω $19 \cdot 10^{-6} \cdot R + 70 \mu$ Ω $13 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,7$ m Ω $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,7$ m Ω $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 7$ m Ω $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 70$ m Ω $15 \cdot 10^{-6} \cdot R + 4 \Omega$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,20$ k Ω $0,6 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2$ k Ω	

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k=2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Widerstands- messgeräte	0,01 Ω		$33 \cdot 10^{-6} \cdot R$	R = Messwert
	0,1 Ω		$27 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 Ω		$5,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1,9 Ω		$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 Ω		$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	19 Ω		$49 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 Ω		$16 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	190 Ω		$24 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 kΩ		$14 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1,9 kΩ		$18 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 kΩ		$5,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	19 kΩ		$18 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 kΩ		$14 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	190 kΩ		$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 MΩ		$18 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1,9 MΩ		$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
10 MΩ		$69 \cdot 10^{-6} \cdot R$		
19 MΩ		$0,64 \cdot 10^{-3} \cdot R$		
100 MΩ		$0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$		
Wechselspannung	0,1 V bis 0,22 V	20 Hz bis <40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} U + 10 \mu V$	U = Messwert
		40 Hz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} U + 10 \mu V$	
		>20 kHz bis 50 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} U + 10 \mu V$	
		>50 kHz bis 100 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} U + 30 \mu V$	
	> 0,22 V bis 2,2 V	20 Hz bis <40 Hz	$0,10 \cdot 10^{-3} U + 30 \mu V$	
		40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} U + 7 \mu V$	
		>20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} U + 20 \mu V$	
		>50 kHz bis 100 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} U + 80 \mu V$	
		>100 kHz bis 300 kHz	$0,38 \cdot 10^{-3} U + 0,15 mV$	
		>300 kHz bis 500 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} U + 0,40 mV$	
	> 2,2 V bis 22 V	20 Hz bis <40 Hz	$90 \cdot 10^{-6} U + 0,30 mV$	
		40 Hz bis 20 kHz	$60 \cdot 10^{-6} U + 70 \mu V$	
		>20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} U + 0,20 mV$	
		>50 kHz bis 100 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} U + 0,40 mV$	
		>100 kHz bis 300 kHz	$0,40 \cdot 10^{-3} U + 1,7 mV$	
		>300 kHz bis 500 kHz	$1,3 \cdot 10^{-3} U + 5 mV$	
	> 22 V bis 220 V	20 Hz bis <40 Hz	$0,10 \cdot 10^{-3} U + 3 mV$	
		40 Hz bis 20 kHz	$80 \cdot 10^{-6} U + 1 mV$	
		>20 kHz bis 50 kHz	$0,22 \cdot 10^{-3} U + 4 mV$	
		>50 kHz bis 100 kHz	$0,27 \cdot 10^{-3} U + 10 mV$	
> 220 V bis 1100 V	40 Hz bis <50 Hz	$0,31 \cdot 10^{-3} U + 4 mV$		
	50 Hz bis 1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} U + 4 mV$		
	>1 kHz bis 20 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} U + 6 mV$		
Wechselstromstärke	> 220 μA bis 2,2 mA	40 Hz bis 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} I + 40 nA$	I = Messwert
	> 2,2 mA bis 22 mA		$0,20 \cdot 10^{-3} I + 0,40 \mu A$	
	> 22 mA bis 220 mA		$0,20 \cdot 10^{-3} I + 4 \mu A$	
	> 220 mA bis 2,2 A		$0,20 \cdot 10^{-3} I + 40 \mu A$	
	> 2,2 A bis 11 A		$0,31 \cdot 10^{-3} I + 0,17 mA$	
	1 A bis 11 A		$0,32 \cdot 10^{-3} I + 0,17 mA$	
	> 11 A bis 20 A		$0,38 \cdot 10^{-3} I + 0,57 mA$	
Kapazität Kondensatoren	1 pF; 10 pF	10 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3}$	Direktmessung von Kondensatoren
	100 pF; 1000 pF	1 kHz und 10 kHz 100 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3}$ $0,67 \cdot 10^{-3}$	
	10 nF; 100 nF 1 μF	1 kHz 1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3}$ $0,61 \cdot 10^{-3}$	

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k = 2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Kapazität Kondensatoren	1 pF; 10 pF	10 kHz	$0,26 \cdot 10^{-3}$	Kalibrieren von Kondensatoren im Substitutionsverfahren
	100 pF; 1000 pF	1 kHz und 10 kHz 100 kHz	$0,26 \cdot 10^{-3}$ $0,36 \cdot 10^{-3}$	
	10 nF; 100 nF; 1 µF	1 kHz	$0,26 \cdot 10^{-3}$	
Kapazitäts- messbrücken	1 pF; 10 pF	10 kHz	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
	100 pF; 1000 pF	1 kHz und 10 kHz 100 kHz	$0,25 \cdot 10^{-3}$ $0,30 \cdot 10^{-3}$	
	10 nF; 100 nF; 1 µF	1 kHz	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
Induktivität Induktivitäten	100 µH	1 kHz und 10 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3}$	Direktmessung von Induktivitäten
	1 mH; 10 mH; 100 mH; 1 H	100 Hz und 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3}$	
Induktivitäten	100 µH	1 kHz 10 kHz	$0,50 \cdot 10^{-3}$ $0,50 \cdot 10^{-3}$	Kalibrieren von Induktivitäten im Substitutionsverfahren
	1 mH; 10 mH; 100 mH; 1 H	100 Hz 1 kHz	$0,50 \cdot 10^{-3}$ $0,50 \cdot 10^{-3}$	
Induktivitäts- messbrücken	100 µH	1 kHz 10 kHz	$0,50 \cdot 10^{-3}$ $0,50 \cdot 10^{-3}$	
	1 mH; 10 mH; 100 mH; 1 H	100 Hz 1 kHz	$0,50 \cdot 10^{-3}$ $0,50 \cdot 10^{-3}$	
Amplitude <i>U</i> Gleichspannung Impulsgeneratoren	0 V bis < 0,12 V 0,12 V bis < 1,2 V 1,2 V bis 12 V > 12 V bis 120 V > 120 V bis 1000 V		$19 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $10 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $7 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $10 \cdot 10^{-6} U + 30 \mu V$ $12 \cdot 10^{-6} U + 0,10 mV$	Ermittlung mittels Sample DVM HP 3458
Rechteckspannung Impulsgeneratoren	0 V bis < 0,12 V 0,12 V bis < 1,2 V 1,2 V bis 12 V > 12 V bis 120 V > 120 V bis 1000 V	0 Hz bis 1 kHz	$35 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $30 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $30 \cdot 10^{-6} U + 3 \mu V$ $30 \cdot 10^{-6} U + 32 \mu V$ $31 \cdot 10^{-6} U + 0,10 mV$	Ermittlung mittels Sample DVM
Oszilloskope	12 mV bis 50 V	1 MΩ (1kHz)	$5 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Die Messunsicherheit bezieht sich auf die Generierung der Kalibriersignale inkl. einem Ablesefehler von 0,3 %
	12 mV bis 3 V	50 Ω (1kHz)		
Impulsamplitude Impulsgeneratoren	5 mV bis 50 V	50 Ω	$85 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Ermittlung mittels Oszilloskop $t_r, t_{f1} > 10 \cdot t_{r, System}$ t_r Impulsanstiegszeit, t_{f1} Impulshalbwertbreite $t_{r, System}$: Anstiegszeit des Messsystems
Periodendauer <i>t</i> Impulsgeneratoren	1 ns bis 1 s 0,33 ns bis 1 s		$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,2 ns$ $1 \cdot 10^{-10} \cdot t + U_{Tr}$	Ermittlung mittels Oszilloskop Ermittlung über 1/Frequenz U_{Tr} : Triggerunsicherheit
	10 ns 80 ns, 160 ns 400 ns bis 5 s		$35 \cdot 10^{-3} \cdot t$ $5 \cdot 10^{-3} \cdot t$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot t$	

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k = 2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Anstiegszeit t_r / Bandbreite b Impulsgeneratoren	825 ps bis 100 ms		$60 \cdot 10^{-3} \cdot t_r + U_{Tr}$	Die Systemanstiegszeit muss bei der Ermittlung von t_r mittels Oszilloskop berücksichtigt werden;
Oszilloskope	100 kHz bis 1 GHz	0,5 V bis 1 V	$60 \cdot 10^{-3} \cdot b$	Ermittlung des 3-dB-Punktes mittels Spannungs-T und HF-Spannungsmessung
	128 ps	Spannungsbereich 20 mV bis 1 V $R_i = 50 \Omega$	10 ps	Wiederholrate 10 Hz bis 1 MHz
HF-Spannung U HF-Spannungsmessgeräte	0,5 V bis 1 V	100 kHz bis 10 MHz >10 MHz bis 30 MHz >30 MHz bis 50 MHz >50 MHz bis 500 MHz >500 MHz bis 1 GHz	$2 \cdot 10^{-3} \cdot U$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot U$ $5 \cdot 10^{-3} \cdot U$ $10 \cdot 10^{-3} \cdot U$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Spannungsgenerierung über T-Stück, N-Konnektor, bei anderen Konnektoren erhöht sich die Messunsicherheit
Frequenz f	100 kHz; 1 MHz 5 MHz; 10 MHz	Phasenzeitdifferenzmessungen über Messzeiten ≥ 2 h	$5 \cdot 10^{-11} \cdot f$	
	1 Hz bis 3 GHz	Digitale Frequenzmessung auf Zählbasis	$1 \cdot 10^{-10} \cdot f + U_{Tr}$	U_{Tr} : Triggerunsicherheit
	3 GHz bis 26,5 GHz		$2 \cdot 10^{-10} \cdot f + 1$ Hz	
Zeitintervall t	10 ms bis 10 s		$6 \cdot 10^{-11} \cdot t + 2$ ns + U_{Tr}	U_{Tr} : Triggerunsicherheit
Länge Einstellringe	10 mm bis 160 mm	DKD-R 4-3, Blatt 4.1 Abschn. 5.3.3, 5.3.4	$0,8 \mu\text{m} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot d$	d ist der gemessene Durchmesser
	Einstelldorne	1 mm bis 160 mm	DKD-R 4-3, Blatt 4.1 Abschn. 5.3.3, 5.3.4	$0,8 \mu\text{m} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot d$
	Prüfstifte	1 mm bis 20 mm	DKD-R 4-3, Blatt 4.2 Abschn. 5.3.3	$0,8 \mu\text{m} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot d$
Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmessungen und Tiefenmessschieber	0 mm bis 150 mm	DKD-R 4-3, Blatt 9.1	$30 \mu\text{m} + 30 \cdot 10^{-6} \cdot l$	l ist die gemessene Länge
	> 150 mm bis 500 mm		$30 \mu\text{m} + 60 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Bügelmessschrauben	0 mm bis 100 mm	DKD-R 4-3, Blatt 10.1	$3 \mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Messuhren	0 mm bis 100 mm	DKD-R 4-3, Blatt 11.1	$3 \mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Feinzeiger	0 mm bis 3 mm	DKD-R 4-3, Blatt 11.2	0,75 μm	
Fühlhebelmessgeräte	0 mm bis 1,6 mm	DKD-R 4-3, Blatt 11.3	1,0 μm	

Vor-Ort-Kalibrierung und Mobiles Laboratorium

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Gleichspannung	0 V		3 μV	U = Messwert
	1 μV bis 0,12 V		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \mu\text{V}$	
	> 0,12 V bis 1,2 V		$5,5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \mu\text{V}$	
	> 1,2 V bis 12 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4 \mu\text{V}$	
	> 12 V bis 100 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 200 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV	
	> 200 V bis 500 V		$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV	
	> 500 V bis 700 V		$14 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV	
> 700 V bis 1000 V		$21 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,17$ mV		

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k = 2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Gleichstromstärke	1µA bis 120 µA > 120 µA bis 1,2 mA > 1,2 mA bis 12 mA > 12 mA bis 120 mA > 120 mA bis 1,05 A		25 · 10 ⁻⁶ · I + 2 nA 25 · 10 ⁻⁶ · I + 15 nA 25 · 10 ⁻⁶ · I + 0,15 µA 45 · 10 ⁻⁶ · I + 1,3 µA 0,13 · 10 ⁻³ · I + 21 µA	I = Messwert
	> 1,05 A bis 12 A		55 · 10 ⁻⁶ · I + 0,2 mA	mit Fluke Y 5020
	> 12 A bis 20 A		55 · 10 ⁻⁶ · I + 0,25 mA	nur Kalibrieren von Stromquellen mit Fluke Y 5020
	> 12 A bis 20 A		60 · 10 ⁻⁶ · I + 0,25 mA	nur Kalibrieren von Stromstärkemessgeräten mit Fluke Y 5020
Gleichstromwiderstand Normalwiderstände	1 mΩ bis 12 mΩ > 12 mΩ bis 120 mΩ > 0,12 Ω bis 1,2 Ω > 1,2 Ω bis 12 Ω > 12 Ω bis 120 Ω > 120 Ω bis 1,2 kΩ > 1,2 kΩ bis 12 kΩ > 12 kΩ bis 120 kΩ > 120 kΩ bis 1,2 MΩ > 1,2 MΩ bis 12 MΩ > 12 MΩ bis 120 MΩ		45 · 10 ⁻⁶ · R + 5 µΩ 45 · 10 ⁻⁶ · R + 50 µΩ 40 · 10 ⁻⁶ · R + 0,10 mΩ 26 · 10 ⁻⁶ · R + 0,10 mΩ 21 · 10 ⁻⁶ · R + 1 mΩ 17 · 10 ⁻⁶ · R + 1 mΩ 17 · 10 ⁻⁶ · R + 10 mΩ 17 · 10 ⁻⁶ · R + 0,1 Ω 20 · 10 ⁻⁶ · R + 8 Ω 80 · 10 ⁻⁶ · R + 0,25 kΩ 0,7 · 10 ⁻³ · R + 2,5 kΩ	R = Messwert
Gleichstromwiderstand Widerstands- messgeräte	0,01 Ω 1 Ω 1,9 Ω 10 Ω 19 Ω 100 Ω 190 Ω 1 kΩ 1,9 kΩ 10 kΩ 19 kΩ 100 kΩ 190 kΩ 1 MΩ 1,9 MΩ 10 MΩ 19 MΩ 100 MΩ		50 · 10 ⁻⁶ · R 0,12 · 10 ⁻³ · R 0,12 · 10 ⁻³ · R 42 · 10 ⁻⁶ · R 49 · 10 ⁻⁶ · R 27 · 10 ⁻⁶ · R 24 · 10 ⁻⁶ · R 19 · 10 ⁻⁶ · R 19 · 10 ⁻⁶ · R 1,8 · 10 ⁻⁶ · R 1,8 · 10 ⁻⁶ · R 18 · 10 ⁻⁶ · R 21 · 10 ⁻⁶ · R 29 · 10 ⁻⁶ · R 28 · 10 ⁻⁶ · R 0,12 · 10 ⁻³ · R 82 · 10 ⁻⁶ · R 0,64 · 10 ⁻³ · R 0,61 · 10 ⁻³ · R	R = Messwert
Wechselspannung	0,1 V bis 0,22 V	20 Hz bis <40 Hz 40 Hz bis 20 kHz >20 kHz bis 50 kHz >50 kHz bis 100 kHz	0,19 · 10 ⁻³ · U + 10 µV 0,16 · 10 ⁻³ · U + 10 µV 0,31 · 10 ⁻³ · U + 10 µV 0,31 · 10 ⁻³ · U + 30 µV	U = Messwert
	> 0,22 V bis 2,2 V	20 Hz bis <40 Hz 40 Hz bis 20 kHz >20 kHz bis 50 kHz >50 kHz bis 100 kHz >100 kHz bis 300 kHz >300 kHz bis 500 kHz >500 kHz bis 1 MHz	0,10 · 10 ⁻³ · U + 30 µV 70 · 10 ⁻⁶ · U + 7 µV 0,11 · 10 ⁻³ · U + 20 µV 0,12 · 10 ⁻³ · U + 80 µV 0,38 · 10 ⁻³ · U + 0,15 mV 1,6 · 10 ⁻³ · U + 0,40 mV 1,6 · 10 ⁻³ · U + 1,0 mV	
	> 2,2 V bis 22 V	20 Hz bis <40 Hz 40 Hz bis 20 kHz >20 kHz bis 50 kHz >50 kHz bis 100 kHz >100 kHz bis 300 kHz >300 kHz bis 500 kHz >500 kHz bis 1 MHz	90 · 10 ⁻⁶ · U + 0,30 mV 60 · 10 ⁻⁶ · U + 70 µV 0,11 · 10 ⁻³ · U + 0,20 mV 0,12 · 10 ⁻³ · U + 0,40 mV 0,40 · 10 ⁻³ · U + 1,7 mV 1,3 · 10 ⁻³ · U + 5 mV 1,3 · 10 ⁻³ · U + 9 mV	
	> 22 V bis 220 V	20 Hz bis <40 Hz 40 Hz bis 20 kHz >20 kHz bis 50 kHz >50 kHz bis 100 kHz	0,10 · 10 ⁻³ · U + 3 mV 80 · 10 ⁻⁶ · U + 1 mV 0,22 · 10 ⁻³ · U + 4 mV 0,27 · 10 ⁻³ · U + 10 mV	

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k=2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit ¹⁾	Bemerkungen
Wechselspannung	> 220 V bis 1100 V	40 Hz bis <50 Hz 50 Hz bis 1 kHz >1 kHz bis 20 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4 \text{ mV}$ $0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4 \text{ mV}$ $0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 6 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$
Wechselstromstärke	> 220 μA bis 2,2 mA	40 Hz bis 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	$I = \text{Messwert}$
	> 2,2 mA bis 22 mA		$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \mu\text{A}$	
	> 22 mA bis 220 mA		$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \mu\text{A}$	
	> 220 mA bis 2,2 A		$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \mu\text{A}$	
	> 2,2 A bis 11 A		$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,17 \text{ mA}$	
	1 A bis 11 A		$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,17 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20 A		$0,40 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,57 \text{ mA}$	Kalibrieren mit Fluke Y5020, ab 11 A nur Stromquellen
Amplitude				
Gleichspannung Impulsgeneratoren	0 V bis < 0,12 V 0,12 V bis < 1,2 V 1,2 V bis 12 V > 12 V bis 120 V > 120 V bis 1000 V		$25 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot U + 70 \mu\text{V}$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,20 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$ Ermittlung mittels Sample DVM
Rechteckspannung Kalibrieren von Impulsgeneratoren	0 V bis < 0,12 V 0,12 V bis < 1,2 V 1,2 V bis 12 V > 12 V bis 120 V > 120 V bis 1000 V	0 Hz bis 1 kHz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $40 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot U + 70 \mu\text{V}$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,20 \text{ mV}$	
Oszilloskope	12 mV bis 50 V	1 M Ω (1kHz)	$5 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Die Messunsicherheit bezieht sich auf die Generierung der Kalibriersignale inkl. einem Ablesefehler von 0,3 %.
	12 mV bis 3 V	50 Ω (1kHz)		
Impulsamplitude Impulsgeneratoren	5 mV bis 50 V	50 Ω	$85 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Ermittlung mittels Oszilloskop $t_r, t_H > 10 \cdot t_{r, \text{System}}$ t_r Impulsanstiegszeit, t_H Impulshalbwertbreite $t_{r, \text{System}}$: Anstiegszeit des Messsystems
Periodendauer t Impulsgeneratoren	1 ns bis 1 s 0,33 ns bis 1 s		$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,2 \text{ ns}$ $2 \cdot 10^{-10} \cdot t + U_{Tr}$	Ermittlung mittels Oszilloskop Ermittlung über 1/Frequenz U_{Tr} = Triggerunsicherheit
Oszilloskope	10 ns		$35 \cdot 10^{-3} \cdot t$	
	80 ns, 160 ns		$5 \cdot 10^{-3} \cdot t$	
	400 ns bis 5 s		$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot t$	
Anstiegszeit t_r / Bandbreite b Impulsgeneratoren	825 ps bis 100 ms		$6 \cdot 10^{-2} \cdot t_r + U_{Tr}$	Die Systemanstiegszeit muss bei der Ermittlung von t_r mittels Oszilloskop berücksichtigt werden.
Oszilloskope	100 kHz bis 1 GHz	0,5 V bis 1 V	$6 \cdot 10^{-2} \cdot b$	Ermittlung des 3-dB-Punktes mittels Spannungs-T und HF-Spannungsmessung
	128 ps	Spannungsbereich 20 mV bis 1 V $R_i = 50 \Omega$	10 ps	Wiederholrate 10 Hz bis 1 MHz
Frequenz f	1 Hz bis 3 GHz	Digitale Frequenzmessung auf Zählbasis	$2 \cdot [(10^{-10} \cdot f)^2 + U_{Tr}^2]^{1/2}$	U_{Tr} : Triggerunsicherheit
	3 GHz bis 26,5 GHz		$2 \cdot [(10^{-10} \cdot f)^2 + (1 \text{ Hz})^2/3]^{1/2}$	
Zeitintervall t	10 ms bis 10 s		$2 \cdot [(10^{-10} \cdot t)^2 + (1 \text{ ns})^2/3 + U_{Tr}^2]^{1/2}$	U_{Tr} : Triggerunsicherheit

¹⁾ Die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten sind nach DKD-3 (EA-4/02) festgelegt. Diese sind erweiterte Messunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % und haben, sofern nichts anderes angegeben ist, den Erweiterungsfaktor $k = 2$. Messunsicherheiten ohne Einheitenangabe sind auf den Messwert bezogene Relativwerte, sofern nichts anderes vermerkt ist.