

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)  
Akkreditierungsstelle

vertreten im

Deutschen AkkreditierungsRat



Akkreditierung

Die Akkreditierungsstelle des **Deutschen Kalibrierdienstes** akkreditiert hiermit

Trescal GmbH

Borsigstraße 11

64291 Darmstadt

nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 für Kalibrierungen im Bereich / in den Bereichen:

dimensionelle Größen, elektrische Gleichstrom- und NF-Größen, elektrische  
HF-Größen, Zeit und Frequenz

Bestandteil der Urkunde ist: Anlage 20 (6 Seiten), 2009-08-10

DAR-Registriernummer: DKD-K-04201

Akkreditiert im DKD seit: 1983-05-31

Braunschweig, 2009-08-10

Leiter der Akkreditierungsstelle  
in Vertretung

Dr. Martin Czaske



Die Akkreditierung erfolgt aufgrund einer Begutachtung und des mit der Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes abgeschlossenen Vertrages über die Akkreditierung eines Kalibrierlaboratoriums nach den Regeln und Verfahren des Deutschen Kalibrierdienstes gemäß den Normen DIN EN ISO/IEC 17025:2005 und DIN EN ISO/IEC 17011.

Das Kalibrierlaboratorium darf DKD-Kalibrierscheine ausstellen und das DKD-Logo verwenden.

Angaben über den genauen Umfang der Akkreditierung (Messgeräte, Messgrößen, Messbereiche, Messunsicherheiten) sind in der Anlage aufgeführt. Die eingereichten Unterlagen sind Bestandteil der Akkreditierung. Änderungen bedürfen der Schriftform.

Die Akkreditierung wird unter dem Vorbehalt des jederzeitigen Widerrufs bei Wegfall der festgelegten Voraussetzungen erteilt. Gültigkeit und aktueller Akkreditierungsumfang werden durch die Internetseiten des Deutschen Kalibrierdienstes (<http://www.dkd.eu>) dokumentiert.

---

Akkreditierungsurkunden und Anlagen dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Die auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Genehmigung der Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes.  
Es darf nicht der Anschein erweckt werden, dass der Kontrolle des Kalibrierlaboratoriums auch solche Produkte und Leistungen des Trägers unterliegen, die von dieser Akkreditierung nicht erfasst werden. Sollte der Anschein dennoch erweckt werden, so ist die Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes berechtigt, Änderungen zu verlangen.  
Bei Hinweisen auf die Akkreditierung als DKD-Kalibrierlaboratorium ist klarzustellen, auf welche Bereiche sie sich bezieht. In Zweifelsfällen ist vor Verwendung solcher Hinweise die Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes zu hören.

### 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 <sup>1)</sup>	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 $\mu$ V	$U$ = Messwert
	1 $\mu$ 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 $\mu$ A bis 120 $\mu$ A > 120 $\mu$ 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 $\Omega$ 1 $\Omega$ ; 10 k $\Omega$		$27 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $5,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert
	1 m $\Omega$ bis 12 m $\Omega$ > 12 m $\Omega$ bis 120 m $\Omega$ > 0,12 $\Omega$ bis 1,2 $\Omega$ > 1,2 $\Omega$ bis 12 $\Omega$ > 12 $\Omega$ bis 120 $\Omega$ > 120 $\Omega$ bis 1,2 k $\Omega$ > 1,2 k $\Omega$ bis 12 k $\Omega$ > 12 k $\Omega$ bis 120 k $\Omega$ > 120 k $\Omega$ bis 1,2 M $\Omega$ > 1,2 M $\Omega$ bis 12 M $\Omega$ > 12 M $\Omega$ bis 120 M $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,3 \mu$ $\Omega$ $40 \cdot 10^{-6} \cdot R + 25 \mu$ $\Omega$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R + 60 \mu$ $\Omega$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R + 70 \mu$ $\Omega$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,7$ m $\Omega$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,7$ m $\Omega$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 7$ m $\Omega$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R + 70$ m $\Omega$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R + 4 \Omega$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,20$ k $\Omega$ $0,6 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2$ k $\Omega$	

<sup>1)</sup> 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 <sup>1)</sup>	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		$0,12 \cdot 10^{-3} U + 0,40 mV$		
> 22 V bis 220 V	>100 kHz bis 300 kHz	$0,40 \cdot 10^{-3} U + 1,7 mV$		
	>300 kHz bis 500 kHz	$1,3 \cdot 10^{-3} U + 5 mV$		
> 220 V bis 1100 V	>500 kHz bis 1 MHz	$1,3 \cdot 10^{-3} U + 9 mV$		
	20 Hz bis <40 Hz	$0,10 \cdot 10^{-3} U + 3 mV$		
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	$0,38 \cdot 10^{-3} I + 0,57 mA$	Kalibrieren mit Fluke Y5020, ab 11 A nur Stromquellen		
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	$0,63 \cdot 10^{-3}$ $0,61 \cdot 10^{-3}$	

<sup>1)</sup> 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 <sup>1)</sup>	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 $\mu$ F	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 $\mu$ F	1 kHz	$0,25 \cdot 10^{-3}$	
Induktivität Induktivitäten	100 $\mu$ H	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 $\mu$ H	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 $\mu$ H	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 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 $30 \cdot 10^{-8} U + 32 \mu$ V $31 \cdot 10^{-6} U + 0,10$ mV	
Oszilloskope	12 mV bis 50 V	1 M $\Omega$ (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 $\Omega$ (1kHz)		
Impulsamplitude Impulsgeneratoren	5 mV bis 50 V	50 $\Omega$	$85 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Ermittlung mittels Oszilloskop $t_r, t_H > 10 \cdot t_{r, System}$ $t_r$ : Impulsanstiegszeit, $t_H$ : 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
	Oszilloskope	10 ns 80 ns, 160 ns 400 ns bis 5 s	$35 \cdot 10^{-3} \cdot t$ $5 \cdot 10^{-3} \cdot t$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot t$	

<sup>1)</sup> 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 <sup>1)</sup>	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 $\geq 2$ 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
	Einstellkerne	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 $\mu\text{m}$		
Fühlhebelmessgeräte	0 mm bis 1,6 mm	DKD-R 4-3, Blatt 11.3	1,0 $\mu\text{m}$		

**Vor-Ort-Kalibrierung und Mobiles Laboratorium**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	kleinste angebbare Messunsicherheit <sup>1)</sup>	Bemerkungen
Gleichspannung	0 V		3 $\mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	1 $\mu\text{V}$ 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		

<sup>1)</sup> 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 <sup>1)</sup>	Bemerkungen
Gleichstromstärke	1 µA 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 <sup>-6</sup> · I + 2 nA 25 · 10 <sup>-6</sup> · I + 15 nA 25 · 10 <sup>-6</sup> · I + 0,15 µA 45 · 10 <sup>-6</sup> · I + 1,3 µA 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · I + 21 µA	I = Messwert
	> 1,05 A bis 12 A		55 · 10 <sup>-6</sup> · I + 0,2 mA	mit Fluke Y 5020
	> 12 A bis 20 A		55 · 10 <sup>-6</sup> · I + 0,25 mA	nur Kalibrieren von Stromquellen mit Fluke Y 5020
	> 12 A bis 20 A		60 · 10 <sup>-6</sup> · 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 <sup>-6</sup> · R + 5 µΩ 45 · 10 <sup>-6</sup> · R + 50 µΩ 40 · 10 <sup>-6</sup> · R + 0,10 mΩ 26 · 10 <sup>-6</sup> · R + 0,10 mΩ 21 · 10 <sup>-6</sup> · R + 1 mΩ 17 · 10 <sup>-6</sup> · R + 1 mΩ 17 · 10 <sup>-6</sup> · R + 10 mΩ 17 · 10 <sup>-6</sup> · R + 0,1 Ω 20 · 10 <sup>-6</sup> · R + 8 Ω 80 · 10 <sup>-6</sup> · R + 0,25 kΩ 0,7 · 10 <sup>-3</sup> · 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 <sup>-6</sup> · R 0,12 · 10 <sup>-3</sup> · R 0,12 · 10 <sup>-3</sup> · R 42 · 10 <sup>-6</sup> · R 49 · 10 <sup>-6</sup> · R 27 · 10 <sup>-6</sup> · R 24 · 10 <sup>-6</sup> · R 19 · 10 <sup>-6</sup> · R 19 · 10 <sup>-6</sup> · R 1,8 · 10 <sup>-6</sup> · R 1,8 · 10 <sup>-6</sup> · R 18 · 10 <sup>-6</sup> · R 21 · 10 <sup>-6</sup> · R 29 · 10 <sup>-6</sup> · R 28 · 10 <sup>-6</sup> · R 0,12 · 10 <sup>-3</sup> · R 82 · 10 <sup>-6</sup> · R 0,64 · 10 <sup>-3</sup> · R 0,61 · 10 <sup>-3</sup> · 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 <sup>-3</sup> · U + 10 µV 0,16 · 10 <sup>-3</sup> · U + 10 µV 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · U + 10 µV 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · 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 <sup>-3</sup> · U + 30 µV 70 · 10 <sup>-6</sup> · U + 7 µV 0,11 · 10 <sup>-3</sup> · U + 20 µV 0,12 · 10 <sup>-3</sup> · U + 80 µV 0,38 · 10 <sup>-3</sup> · U + 0,15 mV 1,6 · 10 <sup>-3</sup> · U + 0,40 mV 1,6 · 10 <sup>-3</sup> · 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 <sup>-6</sup> · U + 0,30 mV 60 · 10 <sup>-6</sup> · U + 70 µV 0,11 · 10 <sup>-3</sup> · U + 0,20 mV 0,12 · 10 <sup>-3</sup> · U + 0,40 mV 0,40 · 10 <sup>-3</sup> · U + 1,7 mV 1,3 · 10 <sup>-3</sup> · U + 5 mV 1,3 · 10 <sup>-3</sup> · 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 <sup>-3</sup> · U + 3 mV 80 · 10 <sup>-6</sup> · U + 1 mV 0,22 · 10 <sup>-3</sup> · U + 4 mV 0,27 · 10 <sup>-3</sup> · U + 10 mV	

<sup>1)</sup> 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 <sup>1)</sup>	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 $\mu\text{A}$ 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 $\Omega$ (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 $\Omega$ (1kHz)		
Impulsamplitude Impulsgeneratoren	5 mV bis 50 V	50 $\Omega$	$85 \cdot 10^{-3} \cdot U$	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	$2 \cdot [(10^{-10} \cdot f)^2 + U_{Tr}^{2/12}]^{1/2}$	$U_{Tr}$ : 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		$2 \cdot [(10^{-10} \cdot f)^2 + (1 \text{ ns})^2/3 + U_{Tr}^{2/12}]^{1/2}$	$U_{Tr}$ : Triggerunsicherheit

<sup>1)</sup> 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.