

## Deutsche Akkreditierungsstelle

### Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

**Gültig ab:** 04.07.2025

Ausstellungsdatum: 04.07.2025

Diese Urkundenanlage ist Bestandteil der Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-00.

Inhaber der Teil-Akkreditierungsurkunde:

**esz AG calibration & metrology**  
**Max-Planck-Straße 16, 82223 Eichenau**

mit den Standorten

**esz AG calibration & metrology**  
**Max-Planck-Straße 16, 82223 Eichenau**

**esz AG calibration & metrology**  
**Richard-Willstätter-Str. 14, 12489 Berlin**

**esz AG calibration & metrology**  
**Donaustraße 68, 68199 Mannheim**

**esz AG calibration & metrology**  
**Nordostpark 12, 90411 Nürnberg**

**esz AG calibration & metrology**  
**Webereistraße 3, 48565 Steinfurt**

**esz AG calibration & metrology**  
**Lemböckgasse 49, A-1230 Wien, ÖSTERREICH**

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

Das Kalibrierlaboratorium erfüllt die Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018, um die in dieser Anlage aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen. Das Kalibrierlaboratorium erfüllt gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese nachfolgend ausdrücklich bestätigt werden.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Kalibrierlaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

## Kalibrierungen in den Bereichen:

### Elektrische Messgrößen

#### Gleichstrom und Niederfrequenz

- Spannung <sup>a)</sup>
- Stromstärke <sup>a)</sup>
- Spannungsverhältnis <sup>a)</sup>
- Hochspannungsmessgrößen <sup>a)</sup>
- Widerstand <sup>a)</sup>
- Ladung <sup>a)</sup>
- Phasenwinkel <sup>a)</sup>
- Elektrische Leistung <sup>a)</sup>
- Leistungsfaktor <sup>a)</sup>
- Elektrische Energie <sup>a)</sup>
- Induktivität <sup>a)</sup>
- Kapazität <sup>a)</sup>

#### Zeit und Frequenz

- Zeitintervall <sup>a)</sup>
- Frequenz und Drehzahl <sup>a)</sup>

### Dimensionelle Messgrößen

#### Länge

- Durchmesser <sup>a)</sup>
- Gewinde <sup>a)</sup>
- Parallelendmaße
- Längenmessmittel <sup>a)</sup>
- Strichmaße, Abstände <sup>a)</sup>

#### Winkel

- Neigung

<sup>a)</sup> auch als Vor-Ort-Kalibrierung

## Hochfrequenz- und Strahlungsmessgrößen

### Hochfrequenzmessgrößen

- HF-Spannung <sup>a)</sup>
- HF-Stromstärke <sup>a)</sup>
- HF-Impedanz (Reflexionsfaktor) <sup>a)</sup>
- HF-Leistung <sup>a)</sup>
- HF-Dämpfung <sup>a)</sup>
- Pulsförmige Messgrößen <sup>a)</sup>
- Oszilloskopmessgrößen <sup>a)</sup>
- Anstiegszeit <sup>a)</sup>
- Bandbreite <sup>a)</sup>

### Optische Messgrößen

- Radiometrie <sup>a)</sup>
- Photometrie <sup>a)</sup>

Für die mit \* gekennzeichneten Messgrößen/Kalibriergegenstände ist dem Kalibrierlaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkKS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten Normen/Kalibrierrichtlinien mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet. Das Kalibrierlaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Normen/Kalibrierrichtlinien im flexiblen Akkreditierungsbereich.

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

Elektrische Messgrößen – Gleichstrom und Niederfrequenz

Gleich- und Wechselspannung

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung	0 V		35 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 200 mV		14 nV	Kalibrierung von Spannungsquellen
	> 200 mV bis 2 V		0,10 µV	
	> 2 V bis 10 V		0,16 µV	
	0 mV bis < 200 mV		12 nV	Kalibrierung der Nichtlinearität von Voltmetern
	200 mV bis < 2 V		40 nV	
	2 V bis 10 V		0,25 µV	
	> 0 mV bis < 2 V		0,12 µV	Kalibrierung der Abweichung von Voltmetern
	2 V bis 10 V		0,27 µV	
	> 10 V bis 100 V		$0,28 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \mu V$	
	> 100 V bis 1050 V		$0,24 \cdot 10^{-6} \cdot U + 64 \mu V$	$U = \text{Messwert}$
Hochspannung	1 kV bis 10 kV		$7,9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 17 \text{ mV}$	
	> 10 kV bis 60 kV		$46 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,95 \text{ V}$	
Wechselspannung	2 mV bis 10 mV	10 Hz; 12,5 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu V$	$U = \text{Messwert}$ Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Lastimpedanz und die Wiederholbarkeit zu berücksichtigen.
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$28 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \text{ nV}$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu V$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,12 \mu V$	
	> 10 mV bis 60 mV	10 Hz; 12,5 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,19 \mu V$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$8,6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu V$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu V$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$9,1 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu V$	
	60 mV bis 7,2 V	10 Hz; 12,5 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,14 \mu V$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$2,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu V$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$4,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,14 \mu V$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu V$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Bereiche	2 mV bis 22 V  2 mV	10 Hz bis 1 MHz 10 Hz; 20 Hz; 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz; 300 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot U$	$U$ = Messwert. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz und die Wiederhol- barkeit zu berücksichtigen.
		500 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,43 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	6 mV  6 mV	10 Hz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Zwischenwerte erhöhen die Messwerte
		20 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		300 kHz	$0,15 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	10 mV  10 mV	10 Hz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		20 Hz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		300 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	20 mV  20 mV	10 Hz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		20 Hz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		300 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	60 mV  60 mV	10 Hz	$54 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$46 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$60 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Bereiche	100 mV	10 Hz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot U$	$U$ = Messwert.  Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz und die Wiederhol- barkeit zu berücksichtigen.
		20 Hz; 40 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$53 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	200 mV	10 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	Zwischenwerte erhöhen die Messwerte
		20 Hz; 40 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$12 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$49 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	600 mV	10 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	1 V	10 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$7 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Bereiche	2 V	10 Hz	$38 \cdot 10^{-6} \cdot U$	$U$ = Messwert.  Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz und die Wiederhol- barkeit zu berücksichtigen.
		20 Hz; 40 Hz	$12 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$7 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	4 V; 6 V	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	Zwischenwerte erhöhen die Messwerte
		20 Hz; 40 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	8 V; 10 V	10 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$8 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$47 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	20 V	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$49 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	12 V; 15 V; 19 V	1 kHz; 10 kHz; 100 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Bereiche	> 22 V bis 70 V 60 V	10 Hz bis 300 kHz		$U$ = Messwert.  Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz und die Wiederhol- barkeit zu berücksichtigen.
		10 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 70 V bis 110 V 100 V	10 Hz bis 200 kHz		Zwischenwerte erhöhen die Messwerte
		10 Hz; 20 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 110 V bis 700 V 200 V	200 kHz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 Hz bis 100 kHz		
		10 Hz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	600 V	100 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 700 V bis 1000 V 1000 V	100 kHz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 Hz bis 100 kHz		
		40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		50 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot U$	



**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Hochspannung Quellen	1 kV bis 10 kV	10 Hz bis 20 kHz > 20 kHz bis 50 kHz > 50 kHz bis 100 kHz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$ $0,34 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,6 \text{ V}$ $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,9 \text{ V}$	$U$ = Messwert
	> 10 kV bis 40 kV	10 Hz bis 20 kHz > 20 kHz bis 50 kHz > 50 kHz bis 100 kHz	$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$ $0,43 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,1 \text{ V}$ $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \text{ V}$	
	1 kV bis 10 kV	45 Hz bis 65 Hz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$	
	10 kV bis 30 kV		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$	
Messgeräte				
Rechteckspannung	5 mV bis 220 mV	1 Hz bis 10 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$ $+ 6,4 \cdot 10^{-9} \text{ V/Hz} \cdot f$	Abtastverfahren an 10 M $\Omega$ Last Bereichsangabe in Spannung Spitze- Spitze $U$ = Betragsspitze der Spannung $f$ = Frequenz Der Zusatzeinfluss abweichender Lastbedingungen (wie z. B. 50 $\Omega$ oder 1 M $\Omega$ ist zu berücksichtigen)
	> 220 mV bis 2,2 V		$9,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$ $+ 7,0 \cdot 10^{-9} \text{ V/Hz} \cdot f$	
	> 2,2 V bis 22 V		$9,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,58 \mu\text{V}$ $+ 14 \cdot 10^{-9} \text{ V/Hz} \cdot f$	
	> 22 V bis 220 V		$12 \cdot 10^{-6} \cdot U + 35 \mu\text{V}$ $+ 75 \cdot 10^{-9} \text{ V/Hz} \cdot f$	
Wechselspannung Amplitudenparameter	5 mV bis 5 V	DC bis 10 MHz > 10 MHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 1 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,2 \mu\text{V}$ $37 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,5 \mu\text{V}$ $44 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,4 \mu\text{V}$ $70 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Oszilloskop als Normal $U$ = Messwert
	> 5 V bis 50 V	DC bis 2 kHz > 2 kHz bis 10 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu\text{V}$ $25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu\text{V}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Gleich- und Wechselstromstärke

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte	100 µA bis 2 A	10 Hz bis 1 kHz	2,2 nA bis 61 µA	<i>I</i> = Messwert <i>f</i> = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messwerte
	100 µA; 200 µA; 500 µA	10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz	$62 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 mA	10 Hz; 12,5 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 Hz; 12,5 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	2 mA	20 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 Hz; 12,5 Hz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	5 mA; 10 mA; 20 mA	25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 Hz; 12,5 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	50 mA	75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot I$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte	100 mA; 200 mA	10 Hz; 12,5 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot f$	/ = Messwert f = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messwerte
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	500 mA; 1 A	10 Hz; 12,5 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz	$28 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	2 A	10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Wechselstromstärke	100 µA bis 100 A	10 Hz bis 10 kHz	4,4 nA bis 6,5 mA	
	100 µA	10 Hz; 20 Hz	$76 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$44 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$47 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	200 µA	10 Hz; 20 Hz	$68 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	0,5 mA	10 Hz; 20 Hz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz	$28 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	1 mA	10 Hz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot f$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke	2 mA	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot f$	$f$ = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messwerte
		20 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	5 mA	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz; 40 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	10 mA	10 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	20 mA	10 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	50 mA	10 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz; 40 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	100 mA	10 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz; 40 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		1 kHz; 10 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	200 mA	10 Hz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz; 40 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		10 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
	500 mA	10 Hz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		20 Hz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot f$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke	1 A	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	$I$ = Messwert $f$ = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messwerte
		20 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	2 A	10 Hz; 20 Hz	$40 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	5 A; 10 A	10 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	20 A	10 Hz; 20 Hz	$57 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$53 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	50 A	10 Hz; 20 Hz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$59 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		1 kHz; 10 kHz	$68 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A	10 Hz; 20 Hz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		1 kHz; 10 kHz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A bis 200 A		12 mA bis 24 mA	
		10 Hz bis 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

#### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	200 A bis 300 A	10 Hz bis 1 kHz	$0,30 \cdot 10^{-3} \cdot I - 0,53 \text{ mA}$	$I$ = Messwert $f$ = Frequenz
	300 A bis 495 A	10 Hz bis 65 Hz	$0,48 \cdot 10^{-3} \cdot I + 11 \text{ mA}$	
		65 Hz bis 100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot I + 11 \text{ mA}$	
		100 Hz bis 400 Hz	$0,74 \cdot 10^{-3} \cdot I + 7,7 \text{ mA}$	
		400 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4,0 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	10 $\mu\text{A}$ bis 2400 A	1 bis $N$ Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/ $N$	$\sqrt{W_{\text{in}}^2 + W_{\text{DUT}}^2} \cdot I$ jedoch nicht kleiner als $90 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 8 nA	$W_{\text{in}}$ ist die relative Unsicherheit der Stromstärke der Einfachwicklung. $W_{\text{DUT}}$ ist die relative Unsicherheit des Messobjekts im Streu Feld des stromdurchflossenen Leiters.
Ersatzableitstromstärke $I$	0,2 $\mu\text{A}$ bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$	$10 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$ Siehe Matrix M.1	Gesamtunsicherheit $U$ ist abhängig von der rel. Unsicherheit $U(R_N)/R_N$ des Kalibrierwiderstandes $R_N$ .

#### Matrix M.1 „Ersatzableitstromstärke“

Normalwiderstand $R_N$	1 k $\Omega$		10 k $\Omega$		100 k $\Omega$		1 M $\Omega$		10 M $\Omega$		100 M $\Omega$		1 G $\Omega$				
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in $\mu\text{A/A}$											Stromstärke   $U$ in mA/A					
60 V	60 mA	10	6 mA	10	600 $\mu\text{A}$	13	60 $\mu\text{A}$	19	6 $\mu\text{A}$	70	600 nA	0,6	60 nA	5,8			
110 V	110 mA		11 mA		1,1 mA		110 $\mu\text{A}$		11 $\mu\text{A}$		1,1 $\mu\text{A}$		110 nA				
230 V	230 mA		23 mA		2,3 mA		230 $\mu\text{A}$		23 $\mu\text{A}$		2,3 $\mu\text{A}$		230 nA				
400 V	400 mA		40 mA		4 mA		400 $\mu\text{A}$		40 $\mu\text{A}$		4,0 $\mu\text{A}$		400 nA				

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Quellen, Messgeräte	0 pA bis 10 nA		0,85 fA bis 51 fA	/ = Messwert  Zwischenwerte erhöhen die Messwerte
	0 pA		12 fA	
	1 pA		$0,85 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	10 pA		$0,53 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	100 pA		$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 nA		$10 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	10 nA		$5,1 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	> 10 nA bis 100 nA		$4,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \text{ fA}$	/ = Messwert
	> 100 nA bis < 1 µA		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,21 \text{ pA}$	
	1 µA bis 10 µA		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,19 \text{ pA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 1,8 \text{ pA}$	
	> 100 µA bis 500 µA		$1,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 72 \text{ pA}$	
	20 µA bis 200 µA		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 14 \text{ pA}$	
	200 µA bis 2 mA		$0,54 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,23 \text{ nA}$	
	2 mA bis 10 mA		$1,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2,4 \text{ nA}$	
	10 mA bis 50 mA		$0,90 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
	50 mA bis 200 mA		$0,33 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,26 \text{ µA}$	
	200 mA bis 1 A		$12 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 A bis 10 A		$16 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	10 A bis 100 A		$28 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A bis 300 A		$37 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
Gleichstromstärke Quellen	300 A bis 700 A		$27 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2,3 \text{ mA}$	
Gleichstromstärke Messgeräte	20 µA bis 2 mA		$0,48 \cdot 10^{-6} \cdot I + 19 \text{ pA}$	
	2 mA bis 20 mA		$1,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 1,0 \text{ nA}$	
	20 mA bis 200 mA		$0,26 \cdot 10^{-6} \cdot I + 24 \text{ nA}$	
	200 mA bis 2 A		$12 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	0 A bis 3000 A	1 bis N Wicklungen	$\sqrt{W_{\text{in}}^2 + W_{\text{OUT}}^2} \cdot I$ jedoch nicht kleiner als $8 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 6 nA	$W_{\text{in}}$ ist die relative Unsicherheit der Stromstärke der Einfachwicklung. $W_{\text{OUT}}$ ist die relative Unsicherheit des Messobjekts im Streufeld des stromdurchflossenen Leiters.

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Ladung Q	20 pC bis 200 pC > 200 pC bis 2 nC  > 2 nC bis 11 C		$0,50 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,025 \text{ pC}$ $0,33 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,05 \text{ pC}$  $60 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,5 \text{ pC}$	rechteckförmige Stromimpulse $\geq 1 \text{ s}$ , Dauer t und Anstiegszeiten $\leq 10 \text{ }\mu\text{s}$ als Produkt $Q = I \cdot t$ ; Gesamtunsicherheit errechnet aus der rel. Unsicherheit W(lin) der Kalibrierstrom- stärke.
Wechselspannung harmonische Oberwellen  Quellen und Messgeräte	Effektivwert der Grundwelle	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $1 \text{ mV} \leq U_n \leq 200 \text{ V}$ $1 \% \leq (U_n / U_1) \leq 40 \%$ $2 \leq n \leq 100$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$		$U_1$ = Effektivwert der Grundwelle
	100 mV bis 500 V		$20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ bis $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$	$U_n$ = Effektivwert der n-ten harmonischen Oberwelle
	100 mV 200 mV 1,2 V 8 V 16 V 30 V 60 V 120 V 240 V 460 V		$26 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $25 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $25 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $30 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $30 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$	$f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$ Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.
	Effektivwert der Oberwelle			$U_1$ = Effektivwert der Grundwelle
	1 mV bis 200 V	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $100 \text{ mV} \leq U_1 \leq 500 \text{ V}$ $1 \% \leq (U_n / U_1) \leq 40 \%$ $2 \leq n \leq 100$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U_n$ bis $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U_n$  siehe Matrix M.15	$U_n$ = Effektivwert der Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$ Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.



**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke harmonische Oberwellen Quellen und Messgeräte	Effektivwert der Grundwelle			$I_1$ = Effektivwert der Grundwelle
	100 mA bis 60 A	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $2 \leq n \leq 100$ $I_s \leq 113 \text{ A}$	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$ bis $71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$I_n$ = Effektivwert der Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle
	100 mA	$1 \text{ mA} \leq I_n \leq 4,8 \text{ A}$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$f_n$ = Frequenz der Oberwelle
	200 mA	$1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$	$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$n = f_n / f_1, n > 1$
	400 mA		$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.
	800 mA		$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$I_s$ = Spitzenwert des Stromsignals
	1,6 A		$45 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Bei Messgeräten mit angeschlossenem (Zangen-)Stromwandler
	4 A		$57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	kann sich die Messunsicherheit
	5 A		$57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	erhöhen. Der Messbereich erweitert sich auf $I_1 \leq 600 \text{ A}$ .
	16 A		$55 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Die Kalibrierung von Stromwandlern erfolgt im Verbund mit dem Anzeigegerät für das Sekundärsignal.
	30 A	$160 \text{ mA} \leq I_n \leq 18 \text{ A}$ $f_n \leq 3 \text{ kHz}$	$71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	
	60 A	$1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$	$71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Harmonische Oberwellen  Quellen und Messgeräte	Effektivwert der Oberwelle	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $2 \leq n \leq 100$ $I_s \leq 113 \text{ A}$		$I_1$ = Effektivwert der Grundwelle $I_n$ = Effektivwert der Oberwelle
	1 mA bis 4,8 A	$100 \text{ mA} \leq I_1 \leq 16 \text{ A}$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$ $1 \% \leq I_n / I_1 \leq 30 \%$	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$ bis $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$  siehe Matrix M.16	$f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz der Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$
	160 mA bis 18 A	$16 \text{ A} \leq I_1 \leq 60 \text{ A}$ $f_n \leq 3 \text{ kHz}$ $1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$ bis $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$  siehe Matrix M.16	Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt. $I_s$ = Spitzenwert des Stromsignals Bei Messgeräten mit angeschlossenem (Zangen-) Stromwandler kann sich die Messunsicherheit erhöhen. Der Messbereich erweitert sich auf $I_n \leq 200 \text{ A}$ . Die Kalibrierung von Stromwandlern erfolgt im Verbund mit dem Anzeigegerät für das Sekundärsignal.

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

Matrix M.15 – Relative Messunsicherheit des Effektivwerts  $U_n$  der Oberwelle bei der Frequenz  $f_1 = 50$  Hz in mV/V

$U_1 / V$	$U_n / V$	$n$													
		2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,10	0,001	1,1	1,1	0,57	0,57	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,10	0,01	0,17	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,20	0,025	0,17	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
1,2	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
8,0	1,0	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
16	4,5	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
30	9,0	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
60	18	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
120	36	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
240	72	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
460	130	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Matrix M.16 – Relative Messunsicherheit des Effektivwerts  $I_n$  der Oberwelle bei der Frequenz  $f_1 = 50$  Hz in mA/A

$I_1 / A$	$I_n / A$	$n$													
		2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,01	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,2	0,025	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,4	0,05	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,8	0,1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
1,6	0,016	0,46	0,46	0,46	0,46	0,32	0,28	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22
1,6	0,2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
4	0,5	0,25	0,25	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
8	1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
16	2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
30	8	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	-	-	-	-
60	15	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	-	-	-	-

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Flicker Modulationstiefe Quellen	0,407 % bis 4,837 %	$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$  rechteckförmige Modulation		$\Delta U/U =$ Modulationstiefe $U =$ Effektivwert des modulierten Wechselspannungs- signals
		$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \%$	$f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannungs- signals
		$CPM = 110 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$3,7 \cdot 10^{-3} \%$	$CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute)
		$CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	Es gelten die in DIN EN 61000-4-15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$ $CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$ $f = 51 \text{ Hz}; f = 61 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	
Flicker Modulationstiefe Messgeräte	0,407 % bis 4,837 %	$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$  rechteckförmige Modulation		$\Delta U/U =$ Modulationstiefe $U =$ Effektivwert des modulierten Wechselspannungs- signals
		$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \%$	$f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannungs- signals
		$CPM = 110 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$3,7 \cdot 10^{-3} \%$	$CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute)
		$CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	Es gelten die in DIN EN 61000-4-15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$ $CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$28 \cdot 10^{-3} \%$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Flicker Frequenz Quellen und Messgeräte	8,3 mHz bis 40 Hz	$0,407 \% \leq (\Delta U/U) \leq 4,837 \%$ $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$  rechteckförmige Modulation	$1,0 \cdot 10^{-6} \cdot f_{\text{Flicker}}$	$\Delta U/U =$ Modulationstiefe $U =$ Effektivwert des modulierten Wechselspannungs- signals $f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannungs- signals $CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute) $f_{\text{Flicker}} = CPM / 120$ Es gelten die in DIN EN 61000-4-15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
$P_{\text{st}}$ -Wert	nur $P_{\text{st}} = 1$		$2,5 \cdot 10^{-3}$	Wert bei $\Delta U/U$ ausgedrückt in $\Delta U/U$ rechteckförmiger Flicker
Wechselspannung Klirrfaktor $k$	0 % bis 30 %	45 Hz bis 5 kHz  > 5 kHz bis 30 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$  $0,8 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$	Werte ausgedrückt in % Klirren

**Gleich- und Wechselstromwiderstand**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Quellen, Messgeräte	0 Ω	2-Draht-Kurzschluss	0,5 mΩ	R = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 μΩ	
	10 μΩ bis < 1 GΩ 10 μΩ 100 μΩ 1 mΩ 10 mΩ 100 mΩ 1 Ω; 10 Ω; 100 Ω; 1 kΩ; 10 kΩ 100 kΩ; 1 MΩ; 10 MΩ; 100 MΩ	I = 100 A I = 50 A I = 10 A	1,6 nΩ bis 49 Ω $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $34 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $5,6 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1,0 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,56 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1,4 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $4,1 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $4,9 \cdot 10^{-6} \cdot R$	Kalibrierung von Messgeräten an den Nennwerten der Normale  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messunsicherheit
	1 GΩ bis 1 TΩ 1 GΩ; 10 GΩ; 100 GΩ; 1 TΩ	Messspannung 100 V; 1000 V	67 kΩ bis 72 MΩ $67 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $72 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	> 1 TΩ bis 120 TΩ 10 TΩ; 100 TΩ	Messspannung 1000 V	0,13 GΩ bis 23 GΩ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,23 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 mΩ bis 2 Ω	$3 \mu A \leq I \leq 50 \text{ mA}$	$0,39 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,25 \mu\Omega$	R = Messwert
	2 Ω bis 10 Ω		$0,43 \cdot 10^{-6} \cdot R + 1,0 \mu\Omega$	
	10 Ω bis 100 Ω		$1,2 \cdot 10^{-6} \cdot R - 0,50 \mu\Omega$	
	100 Ω bis 500 Ω		$0,52 \cdot 10^{-6} \cdot R - 2,5 \mu\Omega$	
	500 Ω bis 10 kΩ		$0,47 \cdot 10^{-6} \cdot R + 20 \mu\Omega$	
	10 kΩ bis 100 kΩ		$0,73 \cdot 10^{-6} \cdot R - 0,13 \text{ m}\Omega$	
	100 kΩ bis 1,9 MΩ		$0,83 \cdot 10^{-6} \cdot R + 90 \mu\Omega$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	1 $\Omega$ bis 10 k $\Omega$	10 $\mu$ A $\leq I \leq$ 50 mA 10 Hz bis 1 kHz	20 $\mu\Omega$ bis 0,77 $\Omega$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messunsicherheit
	1 $\Omega$	10 Hz; 12,5 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	2 $\Omega$	10 Hz; 12,5 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	5 $\Omega$	10 Hz; 12,5 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 $\Omega$	10 Hz; 12,5 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot R$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	20 Ω; 50 Ω; 100 Ω	10 Hz; 12,5 Hz	$59 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messunsicherheit
		20 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$12 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz	$59 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 kΩ	20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$56 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz	$81 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 kΩ	25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$78 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		100 μA ≤ $I$ ≤ 100 A 10 Hz bis 10 kHz	13 nΩ bis 1,7 mΩ	
	100 μΩ	10 Hz; 20 Hz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
		1 kHz; 10 kHz	$0,15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 mΩ	10 Hz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$63 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$58 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$61 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 mΩ	10 Hz	$46 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$43 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz; 10 kHz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	20 mΩ	10 Hz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	50 mΩ	10 Hz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz  Zwischenwerte und abweichende Messbedingungen erhöhen die Messunsicherheit
		20 Hz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 mΩ; 200 mΩ	10 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	0,5 Ω	10 Hz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 Ω	10 Hz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	2 Ω; 5 Ω	10 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 Ω	10 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	20 Ω	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	50 Ω	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	100 $\Omega$	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		120 Hz; 400 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		500 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 $\mu\Omega$ bis 10 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$	$U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand $R$
	0 $\Omega$ bis 10 k $\Omega$	20 Hz bis 50 Hz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3,1 \text{ m}\Omega$	$R$ = Messwert Direktmessverfahren
	> 10 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$2,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis 20 k $\Omega$	> 50 Hz bis 100 Hz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2,6 \text{ m}\Omega$	
	> 20 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$2,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis 50 k $\Omega$	> 100 Hz bis 1 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,3 \text{ m}\Omega$	
	> 50 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$1,1 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis < 50 $\Omega$	> 1 kHz bis 30 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \text{ m}\Omega$	
	50 $\Omega$ bis 20 k $\Omega$		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 20 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$1,1 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 0,79 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis 20 $\Omega$	> 30 kHz bis 100 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \text{ m}\Omega$	
	> 20 $\Omega$ bis 20 k $\Omega$		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 20 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$1,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis 100 $\Omega$	> 100 kHz bis 300 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2,2 \text{ m}\Omega$	
	> 100 $\Omega$ bis 2 k $\Omega$		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 2 k $\Omega$ bis 110 M $\Omega$		$4,5 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 $\Omega$ bis 50 $\Omega$	> 300 kHz bis 1 MHz	$1,3 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3,2 \text{ m}\Omega$	
	> 50 $\Omega$ bis 2 k $\Omega$		$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 2 k $\Omega$ bis 22 M $\Omega$		$15 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R$	

## Elektrische Leistung

### Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung	0 W bis 110 kW	0 mV bis 1100 V 0 µA bis 100 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $44 \cdot 10^{-6} \cdot P + 5 \text{ fW}$	$P$ = Messwert
Leistungsfaktor Quellen, Messgeräte	0 bis 1	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$	$6,8 \cdot 10^{-12}$ bis $2,1 \cdot 10^{-3}$	$PF = \cos(\Delta\varphi)$ = Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I$ = Phasenwinkel $U$ = Effektivwert der Wechselspannung $I$ = Effektivwert der Wechselstromstärke
		Bei einem Messgerät mit Stromzange/ Stromwandler erweitert sich im Bereich $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$ die Stromobergrenze auf 1 kA.	$7,8 \cdot 10^{-9}$ bis $1,5 \cdot 10^{-4}$	Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen M.21 bis M.25

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstrom- wirkleistung Quellen, Messgeräte	0 W bis 100 kW	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$ $0 \leq PF \leq 1$	7,5 pW bis 210 W	$P(U; I; PF)$ $= U \cdot I \cdot PF =$ Wechselstrom- wirkleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $U =$ Effektivwert der Wechselspannung $I =$ Effektivwert der Wechselstromstärke
	0 W bis 1 MW	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $100 \text{ A} < I \leq 1 \text{ kA}$ $0 \leq PF \leq 1$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot P$ nicht kleiner als 2 $\mu\text{W}$  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot P$ nicht kleiner als 2 $\mu\text{W}$	Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen M.26 bis M.35
Wechselstrom- blindleistung Quellen, Messgeräte	-100 kvar bis 100 kvar	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$ $0 \leq PF \leq 1$	7,5 pvar bis 210 var	$Q = U \cdot I \cdot \sin(\Delta\varphi)$ $= U \cdot I \cdot \sqrt{1 - PF^2}$ Wechselstrom- blindleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $U =$ Effektivwert der Wechselspannung $I =$ Effektivwert der Wechselstromstärke
	-1 Mvar bis 1 Mvar	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $100 \text{ A} < I \leq 1 \text{ kA}$ $0 \leq PF \leq 1$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot Q$ nicht kleiner als 2 $\mu\text{var}$  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot Q$ nicht kleiner als 2 $\mu\text{var}$	Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen M.26 bis M.35

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstrom- scheinleistung Quellen, Messgeräte	0 VA bis 100 kVA	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$	59 pVA bis 7,6 VA	$S = U \cdot I$ $= P(U; I; PF = 1) =$ Wechselstrom- scheinleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $U =$ Effektivwert der Wechselspannung $I =$ Effektivwert der Wechselstromstärke $P =$ Wechselstrom- wirkleistung  Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen M.26 bis M.35 für $PF = 1$
	0 VA bis 1 MVA	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 1 \text{ kA}$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot S$  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot S$	
Energie $E$ Defibrillatortester	5 J bis 150 J		$2,3 \cdot 10^{-3} \cdot E + 49 \text{ mJ}$	$E =$ Energie Monophasisch oder Biphasisch
	> 150 J bis 360 J		$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot E + 0,27 \text{ J}$	
Spannungsverhältnis Brückennormale und Messgeräte	0 mV/V bis 100 mV/V	Gleichspannung Brückenspannung: 1 V bis 10 V	0,1 $\mu\text{V/V}$ bis 1,6 $\mu\text{V/V}$ siehe Matrix M.2	

# Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Matrix M.2: „Spannungsverhältnis“

Brückenspannung Messwert	10 V	5 V	2 V	1 V
0 mV/V	0,10 µV/V	0,10 µV/V	0,17 µV/V	0,35 µV/V
± 2 mV/V	0,10 µV/V	0,11 µV/V	0,26 µV/V	0,51 µV/V
± 5 mV/V	0,10 µV/V	0,13 µV/V	0,27 µV/V	0,52 µV/V
± 10 mV/V	0,10 µV/V	0,16 µV/V	0,31 µV/V	0,56 µV/V
± 20 mV/V	0,16 µV/V	0,20 µV/V	0,38 µV/V	0,66 µV/V
± 50 mV/V	0,35 µV/V	0,39 µV/V	0,58 µV/V	1 µV/V
± 100 mV/V	0,65 µV/V	0,73 µV/V	1,0 µV/V	1,6 µV/V

Matrix M.21: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**  
bei der Kalibrierung von **Quellen** im Bereich **2 A < I ≤ 20 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	PF						
f (Hz)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
10	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-12}$
45	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$7,9 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-11}$
111	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-10}$
1000	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$
10000	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$

Matrix M.22: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**  
bei der Kalibrierung von **Quellen** im Bereich **20 A < I ≤ 100 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	PF						
f (Hz)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
10	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-12}$
45	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$9,2 \cdot 10^{-11}$
111	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
1000	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$
10000	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$

Matrix M.23: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**  
bei der Kalibrierung von **Messgeräten** im Bereich **2 A < I ≤ 20 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	PF						
f (Hz)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
10	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-12}$
45	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$7,6 \cdot 10^{-11}$
111	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-10}$
1000	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$
10000	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Matrix M.24:** Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor  $PF$**   
bei der Kalibrierung von **Messgeräten** im Bereich  **$20\text{ A} < I \leq 100\text{ A}$  &  $15\text{ mV} < U \leq 1\text{ kV}$**

$f$ (Hz)	$PF$						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
10	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-12}$
45	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$7,1 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
111	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-10}$
1000	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$
10000	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,3 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$

**Matrix M.25:** Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor  $PF$**   
bei der Kalibrierung von **Messgeräten mit Stromzange/Stromwandler** im Bereich  **$100\text{ A} < I \leq 1\text{ kA}$  &  $15\text{ mV} < U \leq 1\text{ kV}$**

$f$ (Hz)	$PF$						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
10 Hz bis 100 Hz	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-9}$

**Matrix M.26:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$**  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$**  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ )

und **Wechselstromscheinleistung  $S = U \cdot I$**  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  **$U = 2\text{ mV}$  und  $I = 100\text{ }\mu\text{A}$**

$f$ (Hz)	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
	0   $\pm 1$	0,4   $\pm 0,92$	0,6   $\pm 0,8$	0,8   $\pm 0,6$	0,9   $\pm 0,44$	1   $\pm 0$
10	48 pW	54 pW	60 pW	68 pW	72 pW	77 pW
1000	34 pW	39 pW	44 pW	51 pW	55 pW	59 pW
10000	340 pW	310 pW	270 pW	210 pW	160 pW	59 pW

**Matrix M.27:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$**  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$**  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung  $S = U \cdot I$**  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  **$U = 2\text{ mV}$  und  $I = 1\text{ mA}$**

$f$ (Hz)	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
	0   $\pm 1$	0,4   $\pm 0,92$	0,6   $\pm 0,8$	0,8   $\pm 0,6$	0,9   $\pm 0,44$	1   $\pm 0$
40	1,0 nW	1,0 nW	1,1 nW	1,1 nW	1,1 nW	1,2 nW
1000	230 pW	320 pW	400 pW	490 pW	530 pW	580 pW
10000	2,3 nW	2,1 nW	1,9 nW	1,5 nW	1,1 nW	580 pW

**Matrix M.28:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$**  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$**  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung  $S = U \cdot I$**  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  **$U = 20\text{ mV}$  und  $I = 100\text{ }\mu\text{A}$**

$f$ (Hz)	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
	0   $\pm 1$	0,4   $\pm 0,92$	0,6   $\pm 0,8$	0,8   $\pm 0,6$	0,9   $\pm 0,44$	1   $\pm 0$
10	7,5 pW	110 pW	170 pW	230 pW	260 pW	280 pW
1000	340 pW	320 pW	290 pW	250 pW	230 pW	190 pW
10000	3,4 nW	3,1 nW	2,7 nW	2,0 nW	1,5 nW	200 pW

**Matrix M.29:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

Gültig ab: 04.07.2025

Ausstellungsdatum: 04.07.2025

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und

**Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ mV}$  und  $I = 1 \text{ mA}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	150 pW	730 pW	1,1 nW	1,4 nW	1,6 nW	1,8 nW
<b>1000</b>	2,3 nW	2,3 nW	2,2 nW	2,0 nW	1,9 nW	1,8 nW
<b>10000</b>	23 nW	21 nW	19 nW	14 nW	10 nW	1,8 nW

Matrix M.30: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und

**Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 1 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	140 $\mu\text{W}$	250 $\mu\text{W}$	350 $\mu\text{W}$	440 $\mu\text{W}$	500 $\mu\text{W}$	550 $\mu\text{W}$
<b>1000</b>	2,1 mW	1,9 mW	1,7 mW	1,3 mW	1,0 mW	530 $\mu\text{W}$
<b>10000</b>	21 mW	19 mW	17 mW	13 mW	9,1 mW	530 $\mu\text{W}$

Matrix M.31: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 1 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	150 $\mu\text{W}$	260 $\mu\text{W}$	350 $\mu\text{W}$	450 $\mu\text{W}$	500 $\mu\text{W}$	550 $\mu\text{W}$
<b>1000</b>	2,3 mW	2,1 mW	1,9 mW	1,5 mW	1,1 mW	530 $\mu\text{W}$
<b>10000</b>	23 mW	21 mW	19 mW	14 mW	10 mW	530 $\mu\text{W}$

Matrix M.32: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und

**Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 20 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	3,5 mW	9,2 mW	13 mW	17 mW	20 mW	22 mW
<b>1000</b>	65 mW	60 mW	53 mW	43 mW	34 mW	22 mW
<b>10000</b>	650 mW	590 mW	520 mW	390 mW	280 mW	22 mW



## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Matrix M.33: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 20 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	3,7 mW	9,3 mW	13 mW	17 mW	20 mW	22 mW
<b>1000</b>	70 mW	65 mW	58 mW	46 mW	36 mW	22 mW
<b>10000</b>	700 mW	650 mW	560 mW	420 mW	310 mW	22 mW

Matrix M.34: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 1 \text{ kV}$  und  $I = 100 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	1,0 W	2,8 W	4,1 W	5,4 W	6,0 W	6,7 W
<b>1000</b>	20 W	19 W	17 W	14 W	11 W	7,6 W
<b>10000</b>	200 W	190 W	160 W	120 W	89 W	7,6 W

Matrix M.35: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 1 \text{ kV}$  und  $I = 100 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	1,1 W	2,8 W	4,1 W	5,4 W	6,0 W	6,7 W
<b>1000</b>	21 W	20 W	18 W	14 W	12 W	7,6 W
<b>10000</b>	210 W	200 W	170 W	130 W	93 W	7,6 W

<sup>1)</sup> Der angegebene Bereich gilt nur für den Fall, dass das maximale Volt-Hertz-Produkt entsprechend Abbildung Figure A aus Operators Manual Multi-Function Calibrator 5700A/5720A Series II May 1996 Rev. 2, 3/05 eingehalten wird.

## Phasenwinkel

### Permanentes Laboratorium

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigen Spannungssignalen mehrkanalige Quellen, Messgeräte	-360° bis 360°	10 Hz ≤ f ≤ 1 MHz 1 mV ≤ U <sub>eff,i</sub> ≤ 1 kV	360° · f · 17 ns	$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 =$ Phasenwinkel $U_i(t) =$ $\sqrt{2}U_{\text{eff},i} \sin(2\pi ft + \varphi_i)$ mit $i \in \{1; 2\}$  f = Frequenz U <sub>eff,i</sub> = Effektivwert der Wechselspannung  Messungen bei Spannungen ≤ 15 mV im Frequenzbereich 10 Hz bis < 1 kHz, sowie Messungen bei f = (50 ± 5) Hz können die Messunsicherheit erhöhen.

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmiger Ausgangsspannung und sinusförmiger Eingangsstromstärke Widerstandsnorm		$10 \text{ mA} \leq I_{\text{eff.}} \leq 100 \text{ A}$ für $f \leq 10 \text{ kHz}$  $10 \text{ mA} \leq I_{\text{eff.}} \leq 50 \text{ mA}$ für $f \leq 100 \text{ kHz}$		$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $I(t) =$ $\sqrt{2} I_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_I)$  $U(t) =$ $\sqrt{2} I_{\text{eff.}}  Z  \sin(2\pi f t + \varphi_U)$  $f$ = Frequenz $R$ = Gleichstromwiderstand $I_{\text{eff.}}$ = Effektivwert des Wechselstroms $Z$ = Impedanz des Widerstandsnormals  Messungen bei Spannungen $\leq 15 \text{ mV}$ im Frequenzbereich $10 \text{ Hz}$ bis $< 1 \text{ kHz}$ , sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen.
	-90° bis 90°	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$ $10 \text{ m}\Omega \leq R < 50 \text{ m}\Omega$		Die angegebenen Messunsicherheiten gelten für Widerstände der Serie SIQ MU, Fluke A40B oder ähnlicher Bauweise mit koaxialen Anschlussbuchsen. Für Widerstände anderer Bauweise kann sich die Messunsicherheit erhöhen.
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,18 m°	
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,60 m°	
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,2 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 28 \text{ ns}$	
		$10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$ $50 \text{ m}\Omega \leq R \leq 100 \Omega$		
		$f = 40 \text{ Hz}$	0,43 m°	
		$f = 100 \text{ Hz}$	0,79 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 20 \text{ ns}$	

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigem Ausgangssignal und sinusförmiger Eingangsstromstärke Stromwandler	-90° bis 90°	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		$\Delta\varphi = \varphi_Y - \varphi_I =$ Phasenwinkel $I(t) =$ $\sqrt{2}I_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_I)$ $Y(t) =$ $\sqrt{2}Y_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_Y)$  f = Frequenz I <sub>eff.</sub> = Effektivwert des Wechselstroms Y <sub>eff.</sub> = Effektivwert des Ausgangssignals des Stromwandlers (Strom oder Spannung)
		1 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 2 A		Die angegebenen Unsicherheiten gelten für den Fall, dass das Ausgangssignal des Stromwandlers eine Spannung ist.  Messungen bei Spannungen ≤ 15 mV im Frequenzbereich 10 Hz bis < 1 kHz, abweichende Messbedingungen, sowie der Fall, dass das Ausgangssignal des Stromwandlers eine Stromstärke ist erhöhen die Messunsicherheit.
		f = 40 Hz	0,43 m°	
		f = 100 Hz	0,79 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 20 ns	
		2 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 20 A		
		f = 10 Hz	0,18 m°	
		f = 45 Hz	0,60 m°	
		f = 111 Hz	1,2 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 28 ns	
		20 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 100 A		
		f = 10 Hz	0,21 m°	
		f = 45 Hz	0,68 m°	
		f = 111 Hz	1,4 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 35 ns	

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigem Spannungssignal und sinusförmigen Stromsignal Quellen	-180° bis 180°	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz 1 mV ≤ U <sub>eff.</sub> ≤ 1 kV		$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $I(t) =$ $\sqrt{2}I_{\text{eff.}} \sin(2\pi ft + \varphi_I)$  $U(t) =$ $\sqrt{2}U_{\text{eff.}} \sin(2\pi ft + \varphi_U)$
		100 μA ≤ I <sub>eff.</sub> ≤ 10 mA		f = Frequenz I <sub>eff.</sub> = Effektivwert des Wechselstroms U <sub>eff.</sub> = Effektivwert der Wechselspannung  Messungen bei Spannungen ≤ 15 mV im Frequenzbereich 10 Hz bis < 1 kHz, sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen.
		f = 10 Hz	0,21 m°	
		f = 45 Hz	0,57 m°	
		f = 111 Hz	1,1 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 27 ns	
		10 mA < I <sub>eff.</sub> ≤ 200 mA		
		f = 40 Hz	0,37 m°	
		f = 100 Hz	0,72 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 18 ns	
		200 mA < I <sub>eff.</sub> ≤ 2 A		
		f = 40 Hz	0,40 m°	
		f = 100 Hz	0,68 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 17 ns	
		2 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 20 A		
		f = 10 Hz	0,18 m°	
		f = 45 Hz	0,57 m°	
		f = 111 Hz	1,1 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 26 ns	
		20 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 100 A		
		f = 10 Hz	0,20 m°	
		f = 45 Hz	0,65 m°	
		f = 111 Hz	1,4 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 32 ns	

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigem Spannungssignal und sinusförmigen Stromsignal Messgeräte	-180° bis 180°	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz 1 mV ≤ U <sub>eff.</sub> ≤ 1 kV		Δφ = φ <sub>U</sub> - φ <sub>I</sub> = Phasenwinkel  $I(t) = \sqrt{2} I_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_I)$  $U(t) = \sqrt{2} U_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_U)$
		1 mA ≤ I <sub>eff.</sub> ≤ 2 A		f = Frequenz I <sub>eff.</sub> = Effektivwert der Wechselstromstärke U <sub>eff.</sub> = Effektivwert der Wechselspannung
		f = 40 Hz	0,42 m°	Messungen bei Spannungen ≤ 15 mV im Frequenzbereich 10 Hz bis < 1 kHz, sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen.
		f = 100 Hz	0,76 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 19 ns	
		2 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 20 A		
		f = 10 Hz	0,18 m°	
		f = 45 Hz	0,60 m°	
		f = 111 Hz	1,2 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 28 ns	
		20 A < I <sub>eff.</sub> ≤ 100 A		
		f = 10 Hz	0,21 m°	
		f = 45 Hz	0,68 m°	
		f = 111 Hz	1,4 m°	
		1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz	360° · f · 34 ns	

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen Grundwelle und $n$ -ter harmonischer Oberwelle eines Spannungssignals Messgeräte	-180° bis 180°	$1 \leq n \leq 100$ $45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$ $U_1 \geq 100 \text{ mV}$ $U_n \geq 10 \text{ mV}$ $U_S \leq 1050 \text{ V}$	$360^\circ \cdot f_n \cdot 225 \text{ ns}$	$\Delta\varphi = \varphi_n - n\varphi_1 =$ Phasenwinkel  $U(t) = \sum_{n=1}^{100} \sqrt{2} U_n \sin(2\pi f_n t + \varphi_n)$  $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz der $n$ - ten harmonischen Oberwelle $U_1$ = Effektivwert der Grundwelle $U_n$ = Effektivwert der $n$ -ten harmonischen Oberwelle $U_S$ = Spitzenwert des Spannungssignals  Es gelten die Bereichsgrenzen und sonstigen Vorgaben des Fluke 6100B/6105A Users Manual (September 2009 Rev. 1, 6/10).

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen Grundwelle und $n$ -ter harmonischer Oberwelle eines Stromsignals Messgeräte	-180° bis 180°	$1 \leq n \leq 100$ $45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $I_S \leq 29,7 \text{ A}$ : $f_n \leq 6 \text{ kHz}$ bzw. $I_S > 29,7 \text{ A}$ : $f_n \leq 3 \text{ kHz}$  $I_1 \geq 100 \text{ mA}$ $I_n \geq 10 \text{ mA}$ $I_S \leq 113 \text{ A}$	$360^\circ \cdot f_n \cdot 228 \text{ ns}$	$\Delta\varphi = \varphi_n - n\varphi_1 =$ Phasenwinkel  $I(t) =$ $\sum_{n=1}^{100} \sqrt{2} I_n \sin(2\pi f_n t + \varphi_n)$ $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz der $n$ - ten harmonischen Oberwelle $I_1$ = Effektivwert der Grundwelle $I_n$ = Effektivwert der $n$ -ten harmonischen Oberwelle $I_S$ = Spitzenwert des Stromsignals  Es gelten die Bereichsgrenzen und sonstigen Vorgaben des Fluke 6100B/6105A Users Manual (September 2009 Rev. 1, 6/10).



**Induktivität und Kapazität**
**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität	0 $\mu$ H		0,03 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss
	0 H bis 1,1 H			L = Messwert
	100 $\mu$ H	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,22 \cdot 10^{-3} \cdot L$	Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
	1 mH	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,12 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot L$	kleinste angebbare Festwert-
	10 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	Messunsicherheiten bei direkter Messung oder Substitution an
	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot L$	GR 1482 oder baugleich
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	0 pF bis 10 $\mu$ F			C = Messwert
	1 pF	1 kHz 10 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
	10 pF	1 kHz 10 kHz; 100 kHz 1 MHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot C$ $62 \cdot 10^{-6} \cdot C$ $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot C$	kleinste angebbare Festwert-
	100 pF	1 kHz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot C$	Messunsicherheiten bei direkter Messung oder Substitution an
	1 nF	1 kHz 100 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot C$ $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot C$	GR 1403 / 1404 / 1409 oder baugleich
	10 nF	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,12 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,11 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,15 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Elektrische Messgrößen - Zeit und Frequenz

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$	1 MHz bis 10 MHz in Schritten von 1 MHz	Phasendifferenzzeit- messungen über Messzeiten > 1 h	$2,0 \cdot 10^{-12} \cdot f$	$f$ : Messwert $U_{Tf}$ : Trigger-unsicherheit
	0,01 Hz bis 350 MHz > 350 MHz bis 26,5 GHz > 26,5GHz bis 40 GHz		$2,6 \cdot 10^{-12} \cdot f + U_{Tf}$ $11 \cdot 10^{-12} \cdot f + U_{Tf}$ $0,6 \text{ Hz} + U_{Tf}$	
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms		1,3 ns	
	0 ns bis 200 s		$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$	
	1 $\mu\text{s}$ bis 100 h		$10 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta t + 1 \mu\text{s}$	
	1 s bis 100 h		$13 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 0,82 \text{ s}$	
Gangabweichung	0 s/d bis 100 s/d		$1,3 \cdot 10^{-7} = 0,011 \text{ s/d}$	Elektronische oder mechanische Uhren
Drehzahl	0,02 s <sup>-1</sup> bis 3500 s <sup>-1</sup>		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	$f$ : Messwert

**Hochfrequenz- und Strahlungsmessgrößen - Hochfrequenzmessgrößen**
**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Oszilloskope vertikal	1 mV bis 5 V 5 mV bis 200 V	DC bis 10 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	$U$ : Messwert 50 $\Omega$ 1 M $\Omega$
Oszilloskop horizontal	25 ps bis 40 s		$0,12 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,1 \text{ ps}$	$T$ : Messwert
Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	40 Hz bis 6 GHz		$6,3 \cdot 10^{-3} \cdot f^2/\text{GHz}$ $+ 20 \cdot 10^{-3} \cdot f$	$f$ = Messwert
	> 6 GHz bis 40 GHz		$75 \cdot 10^{-3} \cdot f$	
Anstiegszeit	30 ps bis 45 ps > 45 ps bis 1 ms 70 ps bis 85 ps > 85 ps bis 310 ps > 310 ps bis 650 ps > 650 ps bis 1 ms	0,1 V bis 3 V  0,1 V bis 3 V	5 ps $10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$ $78 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $67 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $58 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $56 \cdot 10^{-3} \cdot T$	errechnet aus der 3 dB Bandbreite $T$ : Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Pulsmessgrößen Anstiegszeit (z.B. Oszilloskop- kalibrator)	15 ps bis 10 ns 160 ps bis 10 ms	0,1 V bis 40 V in 50 $\Omega$ 0,1 V bis 2 V in 50 $\Omega$	$10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$ $30 \cdot 10^{-3} \cdot T + 30 \text{ ps}$	ext. Triggersignal erforderlich
Burst-Generator Ausgangsspannung Spitzenwert $U_s$	100 V bis 4 kV	unter 50 $\Omega$ oder 1 k $\Omega$ Last	$48 \cdot 10^{-3} \cdot U_s$	
Anstiegszeit und Impulsdauer $T_r$	3 ns bis 1 $\mu\text{s}$		$41 \cdot 10^{-3} \cdot T_r$	
Burstdauer und Burstperiode $T$	10 $\mu\text{s}$ bis 1 s		$5 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Impulsfrequenz $f$	100 Hz bis 500 kHz		$1 \cdot 10^{-3} \cdot f$	
ESD-Generator Anstiegszeit $t_r$ der Spitzenstromstärke	300 ps bis 3 ns		$3 \% \cdot t_r + 15 \text{ ps}$	Messbereich bezogen auf die Spitzenstromstärke $I_p$
Entladestromstärke $I$	1,5 A bis 35 A		$4,3 \% \cdot I + 0,15 \text{ A}$	
Stoßspannungs- generator Stirnzeit $t_{r,Us}$ der Leerlaufspannung	15 ns bis 100 ms		$3 \% \cdot t_{r,Us} + 1 \text{ ns}$	
Stirnzeit $t_{r,Is}$ der Kurzschluss- stromstärke	100 ns bis 100 ms		$3 \% \cdot t_{r,Is} + 2 \text{ ns}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Rückenhalbwertszeit $t_H$ der Kurvenform	0,5 $\mu$ s bis 100 ms		5 % $\cdot t_H$	
Scheitelwert der Leerlaufspannung $U_S$	0,1 kV bis 7 kV		3,3 % $\cdot U_S$	
Scheitelwert der Kurzschluss- stromstärke $I_S$	10 A bis 5 kA		3,5 % $\cdot I_S$	
	> 5 kA bis 10 kA		3,8 % $\cdot I_S$	
Pulsförmige Messgrößen * Messempfänger Anzeigeverhalten bei Impulsen				
	9 kHz bis 150 kHz			
Amplitudenbeziehung (absolute Kalibrierung)	> 150 kHz bis 30 MHz		0,35 dB	Band A
	> 30 MHz bis 300 MHz			Band B
	> 300 MHz bis 1 GHz		0,40 dB	Band C
		EN 55016-1-1:2015		Band D
Änderung der Anzeige mit der Pulsfrequenz (relative Kalibrierung)	Pulswiederholfrequenz			
	0,1 Hz bis 2 kHz		0,30 dB	Band A
	0,1 Hz bis 50 kHz			Band B
	0,1 Hz bis 1 MHz		0,35 dB	Band C und Band D

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Leistung Eingangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Leistungs- Messgeräten	10 fW bis < 100 fW	DC bis 2 GHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *) bis 18 GHz PC-3,5 mm *) bis 33 GHz PC-2,92 mm *) bis 40 GHz
		> 2 GHz bis < 5 GHz	$26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		5 GHz bis < 9 GHz	$34 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		9 GHz bis < 12 GHz	$40 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		12 GHz bis 15 GHz	$48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 15 GHz bis 18 GHz	$54 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	100 fW bis 1 pW	DC bis 100 MHz	$18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.  P = Messwert (W)
		> 100 MHz bis 2 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 12 GHz	$24 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 40 GHz	$29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 1 pW bis 10 pW	DC bis 100 MHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz bis 2 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 12 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 26,5 GHz	$26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 26,5 GHz bis 40 GHz	$29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 10 pW bis 1 nW	DC bis 100 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz bis 2 GHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 12 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 40 GHz	$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 1 nW bis 100 nW	DC bis 2 GHz	$10 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 12 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 40 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Leistung Eingangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Leistungs- Messgeräten	> 100 nW    bis    10 µW	DC            bis    100 MHz	$7,1 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *)
		> 100 MHz    bis    2 GHz	$9,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 18 GHz
		> 2 GHz        bis    8 GHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-3,5 mm *)
		> 8 GHz        bis    12 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 33 GHz
		> 12 GHz        bis    40 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-2,92 mm *)
	> 10 µW    bis    100 mW	DC            bis    100 MHz	$6,1 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 40 GHz
		> 100 MHz    bis    2 GHz	$7,9 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere
		> 2 GHz        bis    8 GHz	$9,3 \cdot 10^{-3} \cdot P$	Konnektoren
		> 8 GHz        bis    12 GHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	erhöhen die
		> 12 GHz        bis    40 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	Messunsicherheit.
				P = Messwert (W)
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	1 mW	50 MHz	$5 \cdot 10^{-3} \cdot P$	Substitution
	0,1 pW    bis    < 10 pW	50 MHz	$27 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *)
		10 MHz    bis    2 GHz	$30 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 18 GHz
		> 2 GHz    bis    3 GHz	$35 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-3,5 mm *)
	10 pW    bis    < 1 nW	50 MHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 33 GHz
		10 MHz    bis    2 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-2,92 mm *)
		> 2 GHz    bis    3 GHz	$31 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 40 GHz
	1 nW    bis    < 100 nW	50 MHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere
		10 MHz    bis    2 GHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	Konnektoren erhöhen
		> 2 GHz    bis    4 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	die Messunsicherheit.
		> 4 GHz    bis    12 GHz	$38 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$f \leq 5$ GHz:
		> 12 GHz    bis    18 GHz	$71 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$ \Gamma_G  \leq 0,025$
		> 18 GHz    bis    26,5 GHz	$93 \cdot 10^{-3} \cdot P$	5 GHz < $f \leq 20$ GHz:
		100 nW    bis    < 1 µW	8 kHz    bis    < 10 MHz	$28 \cdot 10^{-3} \cdot P$
	10 MHz    bis    50 MHz		$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	20 GHz < $f \leq 33$ GHz:
	> 50 MHz    bis    4 GHz		$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$ \Gamma_G  \leq 0,15$
	> 4 GHz    bis    5 GHz		$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	33 GHz < $f \leq 40$ GHz:
	> 5 GHz    bis    12 GHz		$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$ \Gamma_G  \leq 0,3$
	> 12 GHz    bis    20 GHz		$28 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$f$ = Frequenz (Hz)
	> 20 GHz    bis    33 GHz		$37 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert (W)
	> 33 GHz    bis    40 GHz		$90 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$ \Gamma_G $ =
			Reflexionsfaktor des	
			Kalibriergegen-	
			standes	

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	1 $\mu$ W bis < 10 $\mu$ W	8 kHz bis < 10 MHz	$18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *) bis 18 GHz PC-3,5 mm *) bis 33 GHz PC-2,92 mm *) bis 40 GHz *) Andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.
		10 MHz bis 50 MHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 50 MHz bis 4 GHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 4 GHz bis 5 GHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 5 GHz bis 12 GHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 20 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 20 GHz bis 33 GHz	$37 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 33 GHz bis 40 GHz	$90 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 $\mu$ W bis < 100 $\mu$ W	DC bis < 10 MHz	$9,0 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$f \leq 5$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,025$ 5 GHz < $f \leq 20$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,1$ 20 GHz < $f \leq 33$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,15$ 33 GHz < $f \leq 40$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,3$
		10 MHz bis 100 MHz	$10 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz bis 2 GHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 10 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 10 GHz bis 12 GHz	$16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 30 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 30 GHz bis 33 GHz	$37 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 33 GHz bis 40 GHz	$90 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	100 $\mu$ W bis 0,1 W	DC bis < 10 MHz	$5,6 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$f$ = Frequenz (Hz) $P$ = Messwert (W) $ \Gamma_G $ = Reflexionsfaktor des Kalibriergegen- standes
		10 MHz bis 100 MHz	$7,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz bis 2 GHz	$10 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 10 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 10 GHz bis 12 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 30 GHz	$19 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 30 GHz bis 33 GHz	$39 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 33 GHz bis 40 GHz	$53 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 0,1 W bis 1 W	DC bis 50 MHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 50 MHz bis 2 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 4 GHz	$16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 4 GHz bis 12 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 1 W bis 70 W	> 12 GHz bis 18 GHz	$30 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		DC bis 3 GHz	$38 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		DC bis 500 MHz	$37 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 70 W bis 250 W			

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Spannung $U_{HF}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	2,2 $\mu$ V bis 220 $\mu$ V	DC bis 3 GHz	$W(U_{HF}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \Omega$ (**)
	220 $\mu$ V bis 7 V	DC bis 18 GHz		
	2,2 $\mu$ V bis 220 $\mu$ V	DC bis 3 GHz		(***)
	2,2 mV bis 2 V	DC bis 40 GHz		
HF-Spannung $U_{HF}$ Messgeräte und Empfänger mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	0,7 $\mu$ V bis 2 V	DC bis 18 GHz	$W(U_{HF}) = \frac{W(P_{inc})}{2}$	$W(P_{inc})$ ist die relative Unsicherheit der eingestrahlten Leistung bezüglich $Z_0 = 50 \Omega$ (**)
	2,2 mV bis 2 V	DC bis 40 GHz		(***)
HF-Leistung Rauschanzeige von Empfängern	DC bis 40 GHz		1,6 dB	Leistungen > -170 dB (1 mW) bezogen auf 1 Hz Bandbreite
Signalpegeldifferenz	0 dBc bis 100 dBc	100 Hz bis 26,5 GHz 100 Hz bis 40 GHz	1,3 dB 2,7 dB	SNR $\geq$ 12 dB
Bandbreite Filter	1 Hz bis 10 MHz		0,5 %	Signal zu Rausch- Abstand SNR $\geq$ 70 dB
Formfaktor	> 1:1 bis 5:1		3 %	Signal zu Rausch- Abstand SNR $\geq$ 15 dB
	> 5:1 bis 10:1		6 %	
	> 10:1 bis 20:1		12 %	
Umschaltabweichung			0,02 dB	



**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Anzeigelinearität	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB > 80 dB bis 100 dB > 100 dB bis 110 dB	100 kHz bis 500 MHz	0,06 dB 0,07 dB 0,09 dB 0,1 dB 0,2 dB	SNR $\geq$ 50 dB $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $f \leq 500$ MHz
Eingangsabschwächer oder ZF-Verstärker	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB > 80 dB bis 100 dB > 100 dB bis 110 dB	100 kHz bis 500 MHz	0,06 dB 0,07 dB 0,09 dB 0,1 dB 0,2 dB	Vergleich mit externem Stufenabschwächer $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $f \leq 500$ MHz
	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB	100 kHz bis 500 MHz	0,04 dB 0,06 dB 0,08 dB	stufenweiser Anzeigevergleich SNR $\geq$ 50 dB, Empfängerlinearität < (0,01 dB + 0,005 dB/10 dB)
HF-Verstärkung Verstärker	0 dB bis 70 dB	DC bis 100 MHz > 100 MHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz > 4 GHz bis 18 GHz	0,19 dB 0,26 dB 0,3 dB 0,5 dB	BNC-Konnektor bis max. 2 GHz N-Konnektor und BNC-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	0 dB bis 70 dB	DC bis 100 MHz > 100 MHz bis 4 GHz > 4 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	0,21 dB 0,3 dB 0,6 dB 0,7 dB	2,92 mm kompatibler Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Stromstärke Stromzangen	100 $\mu$ A bis 50 mA	40 Hz bis 10 MHz  > 10 MHz bis 30 MHz  > 30 MHz bis 65 MHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot I$  $18 \cdot 10^{-3} \cdot I$  $20 \cdot 10^{-6} f^2 \cdot I$	Tektronix 015-0601- 50. Im Verbund mit Oszilloskop I: Messwert f: Frequenz in MHz
Nicht-Linearität von HF- Leistungs-messgeräten	10 nW bis 1 W	50 MHz	$5,5 \cdot 10^{-3}$ (0,024 dB)	R&S NRVC-B2 60 dB max.

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Reflexionsfaktor * Betrag $ \Gamma $	0 bis 1	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,003 bis 0,013  Siehe Matrix M.3	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
	0 bis 1	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,003 bis 0,016  Siehe Matrix M.4	3,5 mm Konnektor  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
	0 bis 1	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,004 bis 0,017  Siehe Matrix M.5	2,92 mm Konnektor  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
HF-Reflexionsfaktor * Phasenwinkel $\varphi$	-180° bis +180°	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,2° bis 4,7°  Siehe Matrix M.6	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	-180° bis +180°	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,3° bis 5,8°  Siehe Matrix M.7	3,5 mm Konnektor
	-180° bis +180°	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,3° bis 6,3°  Siehe Matrix M.8	2,92 mm Konnektor
HF-Dämpfung Dämpfungsglieder	0 dB bis 30 dB	100 kHz bis 10 GHz > 10 GHz bis 18 GHz > 18 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	0,03 dB 0,05 dB 0,09 dB 0,10 dB	$L$ ist die gemessene Dämpfung, ****) $ \Gamma_{DUT}  \leq 0,01$ $f \leq 500$ MHz $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $500 \text{ MHz} < f \leq 10 \text{ GHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,08$ $10 \text{ GHz} < f \leq 18 \text{ GHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,1$ $18 \text{ GHz} < f \leq 40 \text{ GHz}$
	> 30 dB bis 60 dB	100 kHz bis 10 GHz > 10 GHz bis 18 GHz > 18 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	$0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,02 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,10 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,11 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$	

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Dämpfung Dämpfungsglieder	> 60 dB bis 70 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,07 dB 0,10 dB	$ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,01$ $f \leq 500 \text{ MHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $500 \text{ MHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$
	> 70 dB bis 80 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,08 dB 0,2 dB	
	> 80 dB bis 100 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,1 dB 0,3 dB	
HF-Dämpfung *	0 dB bis 60 dB	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,01 dB bis 0,09 dB  Siehe Matrix M.9	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	0 dB bis 60 dB	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,01 dB bis 0,22 dB  Siehe Matrix M.10	3,5 mm Konnektor
	0 dB bis 60 dB	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,01 dB bis 0,32 dB  Siehe Matrix M.11	2,92 mm Konnektor
HF-Dämpfung * Phasenwinkel $\varphi$	-180° bis +180°	9 kHz bis 18 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,2° bis 0,8°  Siehe Matrix M.12	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	-180° bis +180°	9 kHz bis 33 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,2° bis 1,8°  Siehe Matrix M.13	3,5 mm Konnektor
	-180° bis +180°	45 MHz bis 45 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET Calibration Guide No. 12 Version 3.0	0,2° bis 2,5°  Siehe Matrix M.14	2,92 mm Konnektor

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Matrix M.3 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag $|\Gamma|$ ; N-Konnektor 50 $\Omega$ “

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,1	0,003 bis 0,005	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,2	0,003 bis 0,005	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,3	0,003 bis 0,006	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,4	0,003 bis 0,005	0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,5	0,003 bis 0,006	0,004	0,004 bis 0,009	0,008 bis 0,009
0,6	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,009	0,009
0,7	0,004 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,010	0,009 bis 0,010
0,8	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,010	0,010
0,9	0,004 bis 0,007	0,006	0,005 bis 0,011	0,011 bis 0,012
1	0,003 bis 0,006	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,012	0,011 bis 0,013

### Matrix M.4 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag $|\Gamma|$ ; 3,5 mm Konnektor“

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0	0,003 bis 0,004	0,003	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,1	0,003 bis 0,005	0,003	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,2	0,003 bis 0,006	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,3	0,003 bis 0,006	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,4	0,004 bis 0,005	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,5	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,6	0,004 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,009	0,009 bis 0,012
0,7	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,009 bis 0,013
0,8	0,004 bis 0,007	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,010 bis 0,014
0,9	0,004 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,007 bis 0,011	0,011 bis 0,015
1	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,006 bis 0,009	0,007 bis 0,012	0,011 bis 0,016

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Matrix M.5 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag $|\Gamma|$ ; 2,92 mm Konnektor“

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,1	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,2	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,3	0,004	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,4	0,004	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,5	0,004 bis 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,012
0,6	0,005	0,005	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,009	0,008 bis 0,011	0,010 bis 0,011	0,010 bis 0,012
0,7	0,005 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,009	0,009 bis 0,012	0,011 bis 0,012	0,011 bis 0,013
0,8	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,009 bis 0,013	0,012 bis 0,013	0,012 bis 0,014
0,9	0,005 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,007 bis 0,011	0,010 bis 0,014	0,013 bis 0,014	0,013 bis 0,015
1	0,005 bis 0,007	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,006 bis 0,012	0,011 bis 0,015	0,014 bis 0,015	0,014 bis 0,017

### Matrix M.6 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel $\varphi$ ; N-Konnektor 50 $\Omega$ “

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0,1	1,4° bis 2,2°	1,5° bis 1,9°	1,5° bis 4,5°	4,4° bis 4,7°
0,2	0,7° bis 1,4°	0,8° bis 1,0°	0,8° bis 2,3°	2,2° bis 2,4°
0,3	0,5° bis 1,0°	0,6° bis 0,7°	0,6° bis 1,5°	1,5° bis 1,6°
0,4	0,4° bis 0,7°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 1,2°	1,2°
0,5	0,4° bis 0,6°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 1,0°	1,0°
0,6	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,9°	0,9°
0,7	0,3° bis 0,5°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,8°
0,8	0,3° bis 0,5°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,7° bis 0,8°
0,9	0,3° bis 0,4°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,7° bis 0,8°
1	0,2° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°

### Matrix M.7 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel $\varphi$ ; 3,5 mm Konnektor“

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0,1	1,5° bis 2,6°	1,6° bis 1,7°	1,7° bis 2,3°	2,3° bis 2,6°	2,4° bis 4,2°	4,1° bis 5,8°
0,2	0,8° bis 1,5°	0,9°	0,9° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°	1,3° bis 2,2°	2,2° bis 3,0°
0,3	0,6° bis 1,1°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°	1,0° bis 1,6°	1,6° bis 2,1°
0,4	0,5° bis 0,8°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,8°	0,7° bis 0,9°	0,8° bis 1,3°	1,3° bis 1,7°
0,5	0,5° bis 0,7°	0,5°	0,5° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,2°	1,1° bis 1,5°
0,6	0,4° bis 0,6°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,1°	1,1° bis 1,4°
0,7	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
0,8	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
0,9	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
1	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,5°	0,5° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	0,9° bis 1,2°

Matrix M.8 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel  $\varphi$ ; 2,92 mm Konnektor“

Betrag   $\Gamma$	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0,1	2,0° bis 2,1°	2,0°	2,0° bis 2,3°	2,2° bis 2,3°	2,2° bis 4,2°	4,2° bis 5,3°	5,3° bis 5,4°	5,3° bis 6,3°
0,2	1,0° bis 1,1°	1,0° bis 1,1°	1,0° bis 1,2°	1,2°	1,2° bis 2,2°	2,1° bis 2,7°	2,7°	2,7° bis 3,2°
0,3	0,7° bis 0,8°	0,7°	0,7° bis 0,9°	0,8° bis 0,9°	0,8° bis 1,5°	1,5° bis 1,9°	1,9°	1,9° bis 2,2°
0,4	0,6°	0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7°	0,7° bis 1,2°	1,1° bis 1,5°	1,5°	1,5° bis 1,7°
0,5	0,5° bis 0,6°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6°	0,6° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°	1,2° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
0,6	0,4° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,2°	1,1° bis 1,3°
0,7	0,4° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,1°	1,0° bis 1,1°	1,1° bis 1,2°
0,8	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,0°	1,0°	1,0° bis 1,2°
0,9	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,0°	1,0°	1,0° bis 1,2°
1	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,8°	0,7° bis 1,0°	0,9° bis 1,0°	0,9° bis 1,2°

Matrix M.9 „HF-Dämpfung; N-Konnektor 50  $\Omega$ “

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB
3 dB	0,04 dB bis 0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
40 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
50 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
60 dB	0,05 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB

Matrix M.10 „HF-Dämpfung; 3,5 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB
3 dB	0,04 dB bis 0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
40 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB
50 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,10 dB
60 dB	0,05 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,19 dB	0,15 dB bis 0,22 dB

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Matrix M.11 „HF-Dämpfung; 2,92 mm Konnektor“**

Absolute Dämpfung	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB bis 0,04 dB	0,03 dB
3 dB	0,04 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB
40 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB	0,08 dB bis 0,09 dB
50 dB	0,05 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,10 dB	0,09 dB bis 0,10 dB	0,10 dB bis 0,13 dB
60 dB	0,06 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,18 dB	0,15 dB bis 0,22 dB	0,17 dB bis 0,22 dB	0,20 dB bis 0,32 dB

**Matrix M.12 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel  $\varphi$ ; N-Konnektor 50  $\Omega$ “**

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
50 dB	0,4°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
60 dB	0,4° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°

**Matrix M.13 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel  $\varphi$ ; 3,5 mm Konnektor“**

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°
50 dB	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°
60 dB	0,4° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,5°	1,3° bis 1,8°

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

Matrix M.14 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel  $\varphi$ ; 2,92 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
50 dB	0,4°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°	1,4° bis 1,7°
60 dB	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,5°	1,3° bis 1,8°	1,6° bis 1,9°	1,8° bis 2,5°



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Hochfrequenz- und Strahlungsmessgrößen - Optische Messgrößen

Radiometrie

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingunge n / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
optische Strahlungsleistung faseroptische Leistungsmessgeräte	1 $\mu$ W bis 0,5 mW	1310 nm, 1550 nm  850 nm 654 nm	1,3 %	Konnektor FC, ST, SC, SMA, HMS-10 oder adaptierbar  abweichende Wellenlängen (780 nm, 635 nm, 1625 nm) interpoliert
			2,2 %	
			2,2 %	
Nichtlinearität faseroptischer Strahlungsempfänger	10 nW bis 160 $\mu$ W	1310 nm, 1550 nm, 850 nm	$1,8 \cdot 10^{-3}$ (0,008 dB)	Additionsmethode
	0,1 nW bis < 0,32 nW		$20 \cdot 10^{-3}$ (0,085 dB)	Vergleichsmethode
	0,32 nW bis < 3,2 nW		$7,1 \cdot 10^{-3}$ (0,031 dB)	
	3,2 nW bis 0,5 $\mu$ W		$6,0 \cdot 10^{-3}$ (0,026 dB)	
Dämpfung oder Verstärkung faseroptischer Komponenten	0 dB bis 50 dB	Wellenlängen: 1310 nm, 1550 nm, 850 nm	$6,0 \cdot 10^{-3}$ (0,026 dB)	
	> 50 dB bis 60 dB		$7,1 \cdot 10^{-3}$ (0,031 dB)	
	> 60 dB bis 70 dB		$20 \cdot 10^{-3}$ (0,085 dB)	
Zentralwellenlänge $\lambda$	350 nm bis < 700 nm	Referenzleistung: ca. 0,5 mW	0,5 nm	
	700 nm bis < 1250 nm		2,5 $\mu$ m	
	1250 nm bis 1700 nm		2 $\mu$ m	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Photometrie**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Transmissionsfilter Transmission $T$	16 % bis 60 % > 60 % bis 76 % > 76 % bis < 100 %	QMH Kapitel XXXIV v4.0 Nennwerte in den Trübungswerten der Normale	0,65 % 0,70 % 0,80 %	
Trübungsgrad $N$	> 0 % bis < 24 % 24 % bis < 40 % 40 % bis 84 %		0,80 % 0,70 % 0,65 %	
Trübungskoeffizient $k$	Messkammerlänge 0,43 m > 0 m <sup>-1</sup> bis 4,3 m <sup>-1</sup>		0,020 m <sup>-1</sup> bis 0,050 m <sup>-1</sup>	Trübungskoeffizient $k$ berechnet aus dem Trübungsgrad $N$ . Unsicherheitsintervall $U(k)$ berechnet aus dem Unsicherheits- intervall des Trübungsgrads $U(N)$ . Andere Messkammerlängen erhöhen die Messunsicherheit.
Beleuchtungsstärke $E$	0 lx	QMH XXXI	0,01 lx	Referenz-Null
	900 lx bis 2000 lx		1,7 % · $E$	Normlicht
	≥ 5 lx bis < 10 klx		1,9 % · $E$	LED-Licht
	≥ 10 klx bis 110 klx		$9,0 \cdot 10^{-8} \cdot E^2 / \text{lx}$ + 0,02 · $E$ - 13 lx	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Dimensionelle Messgrößen  
Länge und Winkel**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne		Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	> 0 mm	bis 1000 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	$20\text{ }\mu\text{m} + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$	/: Messwert
Bügelmessschrauben *		bis 300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	$2\text{ }\mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
	> 300 mm	bis 1000 mm		$0,30\text{ }\mu\text{m} + 12 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Messuhren mit Skalanzeige *		bis 100 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 11.1:2014	$1,5\text{ }\mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Messuhren mit Ziffernanzeige *		bis 100 mm	VDI/VDE/DGQ/DKD 2618 Blatt 11.4:2020	$1,5\text{ }\mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Feinzeiger *		bis 3 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 11.2:2002	0,9 $\mu\text{m}$	
Fühlhebelmessgeräte *		bis 1,6 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 11.3:2002		
Parallelendmaße aus Stahl oder Keramik nach DIN ISO 3650 *	0,5 mm	bis 100 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 3.1:2004 Messung der Abweichung $l_c$ vom Nennmaß $l_n$ durch Unterschiedsmessung	$0,1\text{ }\mu\text{m} + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
	> 100 mm	bis 175 mm		0,47 $\mu\text{m}$	
		in den Nennmaßen der Normale		Messung der Abweichungen $f_o$ und $f_u$ vom Mittenmaß durch 5-Punkte- Unterschiedsmessung	0,08 $\mu\text{m}$

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Zylindrische Normale Ringe *	3 mm bis 125 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.1:2006	$0,7 \mu\text{m} + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$	$d$ ist der gemessene Durchmesser
	> 125 mm bis 300 mm	Option 3	$0,6 \mu\text{m} + 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Dorne *	1 mm bis 125 mm	VDI/VDE/DGQ 2618	$0,5 \mu\text{m} + 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
	> 125 mm bis 300 mm	Blatt 4.1:2006 Option 3	$0,3 \mu\text{m} + 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Prüfstifte * Durchmesser	1 mm bis 20 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2:2006 Option 1	$0,5 \mu\text{m} + 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Gewindelehren * (ein- und mehrgängige zylindrische Außen- und Innengewinde mit geradlinigen Flanken, symmetrischem Profil, Nennsteigung und Nennprofilwinkel)				$d$ ist der gemessene Flankendurchmesser
Außengewinde Einfacher Flankendurchmesser	1 mm bis 125 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.8:2006 Option 1	$2,8 \mu\text{m} + 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
	> 125 mm bis 500 mm	Dreidrahtmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	$2,7 \mu\text{m} + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Innengewinde Einfacher Flankendurchmesser	3 mm bis 125 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9:2006 Option 1  Zweikugelmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	$2,5 \mu\text{m} + 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Hebelsysteme zur Krafteinleitung an Bremsprüfständen	bis 600 mm	Arbeitsanweisung AA0364 Version 8.0	52 $\mu\text{m}$	/: Messwert
	600 mm bis 2500 mm		$23 \cdot 10^{-6} \cdot l + 0,12 \text{ mm}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Nivelliermaßstäbe für Intervallmessungen	bis 100 mm	QMH-L.VIII.2 Abschnitt 4 Version 1.0	40 µm	Messbereich bezogen auf das Intervall zwischen zwei beliebigen Einteilungsmarken auf dem Maßstab
Bandmaße	0,1 m bis 25 m	QMH-L.VIII.2 Abschnitt 2 Version 1.0	$2,4 \text{ mm} + 45 \cdot 10^{-6} \cdot l$	$l$ = gemessene Länge Bandmaße für die Charakterisierung von Scheinwerfer- einstellprüfsystemen
Umfangsmaßbänder aus Stahl	150 mm bis 300 mm > 300 mm bis 400 mm	QMH-L.VIII.2 Abschnitt 3 Version 1.0	0,62 mm 0,94 mm	Kalibrierung an den Nennwerten der Normale
Umfang	470 mm bis 950 mm > 950 mm bis 1257 mm		0,19 mm 0,297 mm	
Elektronische Neigungsmessgeräte	-55° bis -30°	QMH-L.VIII.1 Version 1.0	$42 \cdot 10^{-6} \cdot  \alpha  + 0,00034^\circ$	max. Basislänge 100 mm $\alpha$ = Winkel in °
	-30° bis 30°		0,0016°	
	30° bis 55°		$42 \cdot 10^{-6} \cdot  \alpha  + 0,00034^\circ$	
Punkt- und Linienlaser Neigungsabweichung horizontal vertikal	0 mm/m bis 2 mm/m	AA0356 Version 9.0	0,080 mm/m 0,10 mm/m	
Position Sensitive Detector / PSD Dioden X- und Y-Achsen- abweichung	bis 5 mm	AA0356 Version 9.0	18 µm	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Längenmessmittel Prüflehren	0 mm bis 75 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.1 Version 1.0 Außenmessung	31 µm	Angenommener Temperaturbereich: 20 °C ± 1 K
	> 75 mm bis 150 mm		37 µm	
	0 mm bis 150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.2 Version 1.0 Innenmessung	36 µm	Angenommener therm. Ausdehnungskoeff.: $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	0 mm bis 150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.3 Version 1.0 Tiefenmessung	39 µm	Abweichende Umgebungs- bedingungen und Materialien der zu kalibrierenden Prüflehren erhöhen die Messunsicherheit.
	0 bis 75 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.4 Version 1.0 Stufenmessung	55 µm	
	> 75 mm bis 150 mm		76 µm	

**Elektrische Messgrößen**

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung Quellen	0 V		120 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	$U = \text{Messwert}$
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Gleichspannung Messgeräte	0 V bis 220 mV		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,6 \mu\text{V}$	$U = \text{Messwert}$
	> 220 mV bis 2,2 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \mu\text{V}$	
	> 2,2 V bis 11 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \mu\text{V}$	
	> 11 V bis 22 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6,5 \mu\text{V}$	
	> 22 V bis 220 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 V bis 1050 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$	
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 30 kV		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Quellen, Messgeräte	2 mV bis 1000 V	10 Hz bis 1 MHz	4,1 $\mu$ V bis 0,48 V	U = Messwert
	2 mV bis 10 mV	10 Hz bis 40 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
	> 10 mV bis 100 mV	10 Hz bis 40 Hz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,6 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,93 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
	> 100 mV bis 1 V	10 Hz bis 40 Hz	$83 \cdot 10^{-6} \cdot U + 46 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$82 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
	> 1 V bis 10 V	10 Hz bis 40 Hz	$85 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,46$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
	> 10 V bis 100 V	10 Hz bis 40 Hz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,6$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,41 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
	> 100 V bis 1000 V	50 Hz bis 1 kHz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV	



**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	1 mV bis 1100 V	10 Hz bis 1 MHz	5 µV bis 81 mV	U = Messwert
	1 mV bis 2,2 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 2,2 mV bis 22 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 22 mV bis 220 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 mV bis 2,2 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 70 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,39 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$0,95 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,85 \text{ mV}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	> 2,2 V bis 22 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,25 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \text{ }\mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,16 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,3 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8,5 \text{ mV}$	
	> 22 V bis 220 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,5 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
	> 220 V bis 1100 V	15 Hz bis 50 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \text{ mV}$	
		> 50 Hz bis 1 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
	1 mV bis 220 V	1 Hz bis 10 kHz Rechteckspannung	0,38 $\mu\text{V}$ bis 3,2 mV Siehe Matrix BM.1	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 21 kV	45 Hz bis 55 Hz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	> 21 kV bis 30 kV		7,9 V	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Messgeräte, Quellen	0 mA bis 220 µA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	I = Messwert
	> 220 µA bis 2,2 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 22 mA bis 100 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 100 mA bis 220 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 200 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,8 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 1 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ µA}$	
	> 1 A bis 2,2 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 25 \text{ µA}$	
	> 2,2 A bis 3 A		$0,38 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
	> 3 A bis 10,1 A		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,5 \text{ mA}$	
	> 10,1 A bis 20,5 A		$1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,75 \text{ mA}$	
	0 pA bis 1 pA		1 pA	
	> 1 pA bis 100 nA		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 100 nA bis 1 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 1 µA bis 10 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,12 \text{ nA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,92 \text{ nA}$	
	> 100 µA bis 1 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 6 \text{ nA}$	
	> 1 mA bis 10 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 58 \text{ nA}$	
	> 10 mA bis 100 mA		$41 \cdot 10^{-6} \cdot I + 580 \text{ nA}$	
	> 100 mA bis 1 A		$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I + 12 \text{ µA}$	
	1 A bis 400 A		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen	$3 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte, Quellen	10 µA bis 20,5 A	10 Hz bis 10 kHz	25 nA bis 0,62 A	I = Messwert
	0,01 mA bis 0,22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 16 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 0,22 mA bis 2,2 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,1,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8 \text{ µA}$	
	> 22 mA bis 220 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 3,5 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 2,2 A	20 Hz bis 1 kHz	$0,55 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,16 \text{ mA}$	
	> 2,2 A bis 3 A	10 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
	> 3 A bis 11 A	45 Hz bis 100 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20,5 A	45 Hz bis 100 Hz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Berlin

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	5 $\mu$ A bis 1 A	20 Hz bis 5 kHz	35 nA bis 13 mA	I = Messwert
	5 $\mu$ A bis 100 $\mu$ A	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34 \text{ nA}$	
	> 100 $\mu$ A bis 1 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \mu\text{A}$	
	> 1 mA bis 10 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \mu\text{A}$	
	> 10 mA bis 100 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \mu\text{A}$	
	> 100 mA bis 1 A	20 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Quellen, Messgeräte	10 mA bis 500 A		3 $\mu$ A bis 0,2 A	I = Messwert
	10 mA bis 1 A	40 Hz bis 1 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 1 A bis 100 A		$0,69 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 100 A bis 450 A		$0,9 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/N	$4 \cdot 10^{-3} \cdot I$	I = Messwert
Ersatzableitstromstärke	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$ DC bis 60 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$  Siehe Matrix BM.2	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Festwerte	0 $\Omega$	2-Draht Kurzschluss	0,5 m $\Omega$	$R$ = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 $\mu\Omega$	
	100 $\mu\Omega$		$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Zwischenwerte erhöhen die Messunsicherheit
	1 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 m $\Omega$		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ;		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $9,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $31 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $100 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ; 1 G $\Omega$		$76 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $17 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $70 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $5,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 bis < 11 $\Omega$ 11 $\Omega$ bis < 110 $\Omega$ 110 $\Omega$ bis < 110 k $\Omega$ 110 k $\Omega$ bis < 1,1 M $\Omega$ 1,1 M $\Omega$ bis < 3,3 M $\Omega$ 3,3 M $\Omega$ bis < 11 M $\Omega$ 11 M $\Omega$ bis < 33 M $\Omega$ 33 M $\Omega$ bis < 110 M $\Omega$ 110 M $\Omega$ bis < 330 M $\Omega$ 330 M $\Omega$ bis < 1,1 G $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $28 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Messgeräte				
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	500 $\mu\Omega$ bis 45 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$  $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$ bis $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$  Siehe Matrix BM.3	$R$ = Messwert $U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität Festwerte	0 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss	0,03 $\mu$ H	
	100 $\mu$ H	100 Hz	$0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$	$L$ = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
		1 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität Festwerte	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	1 pF	1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$	$C$ = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
		10 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		10 kHz;	$53 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$88 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		1 MHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz	$71 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz;	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz;	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

# Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

## Permanentes Laboratorium – Standort Berlin

### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung Messgeräte	0 W bis 21 kW	0 mV bis 1020 V 0 µA bis 20,5 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert
bei Zangenabgriff	0 W bis 300 kW	0 V bis 330 V 0 mA bis 1000 A	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung.
Wechselstromwirkleistung Messgeräte	0,11 mW bis 21 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 33 mV bis 1020 V 3,3 mA bis 20 A	$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert $PF$ = Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)
	15 W; 60 W; 100 W; 400 W; 500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 50 V; 200 V 0,3 A; 2 A; 10 A; 20 A	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1,5 W; 6 W	30 mA;	$0,26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	2,3 W bis 20,6 kW	45 Hz bis 65 Hz; $PF = 1$ 23 V bis 1020 V 30 mA bis 20,5 A	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	220 W	45 Hz bis 65 Hz 220 V; 1 A $PF = 1$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	198 W	$PF = 0,9$	$0,18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	110 W	$PF = 0,5$	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	22 W	$PF = 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	11 W	$PF = 0,05$	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 W bis 1 kW	33 V bis 330 V 330 mA bis < 3 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF < 1$ Induktiv, kapazitiv	0,22 W	
bei Zangenabgriff	0,5 W bis 218 kW	33 V bis 330 V 10 mA bis 660 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF \leq 1$ 1 bis 60 Wicklungen	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Streu Feld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen.
Leistungsfaktor	0 bis 0,4	33 V bis 330 V 330 mA bis 2,2 A 45 Hz bis 65 Hz	$0,15 \cdot 10^{-3}$	
	> 0,4 bis < 1		$-60 \cdot 10^{-6} \cdot P + 0,16 \cdot 10^{-3}$	
	1		$89 \cdot 10^{-6}$	
Wechselstrom- blindleistung Messgeräte	0 var bis 1 kvar	45 Hz bis 65 Hz	$U_P \cdot \text{var}/W$	$U_P$ ist die Unsicherheit der Wirkleistung



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Berlin

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 18 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$	$U_{\text{Tr}}$ : Triggerunsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms 2 ns bis 100 s 1 s bis 100 h		1,2 ns $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{\text{Tr}}$	
Drehzahl	$0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Oszilloskop Vertikal	0 V bis 5 V 5 V bis 130 V	DC bis 10 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$	$U$ : Messwert
Oszilloskop Horizontal	1 ns bis < 100 ns 100 ns bis 20 ms > 20 ms bis 5 s		$0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$ $3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$	$T$ = Messwert
Oszilloskope Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	50 kHz > 50 kHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 600 MHz > 600 MHz bis 1,1 GHz > 1,1 GHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz		$3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$	$f$ = Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Anstiegszeit Oszilloskope	50 ps bis 1 ms 1 ns bis 1 ms	0,05 V bis 1,2 V 0,1 bis 3 V	$4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Anstiegszeit Generatoren, Pulse	0,5 ns bis < 2,5 ns 2,5 ns bis 5 ms		$28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW	DC bis 50 MHz 50 MHz bis 4 GHz 4 GHz bis 12 GHz 12 GHz bis 18 GHz	$9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $14 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $22 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $36 \cdot 10^{-3} \cdot P$	N-Konnektor, 50 Ohm $ \Gamma_G  \leq 0,035$ $f \leq 4 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,056$ $f \leq 12 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,075$ $f \leq 18 \text{ GHz}$ andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Spannung $U_{\text{HF}}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	22 mV bis 2 V	DC bis 18 MHz	$W(U_{\text{HF}}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \text{ } \Omega$

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

Matrix BM.1 Rechteckspannung

Rechteckspannung [V] \ Frequenz [Hz]	0,001	0,01	0,1	0,1	0,5	1	5	10	50	100
10	3,8E-07	512,2E-9	2,44E-06	2,37E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
100	7,4E-07	814,6E-9	2,52E-06	2,46E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
1000	6,4E-06	6,4E-6	6,99E-06	6,97E-06	1,34E-05	2,4E-05	111,6E-6	251,5E-6	1,2E-3	2,3E-3
10000	6,3E-05	63,7E-6	6,56E-05	6,56E-05	7,47E-05	8,7E-05	200,5E-6	369,5E-6	1,6E-3	3,2E-3

Matrix BM.2 Ersatzableitstromstärke

Normalwiderstand $R_N$	1 kΩ		10 kΩ		100 kΩ		1 MΩ		10 MΩ		100 MΩ		1 GΩ	
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in μA/A										Stromstärke   $U$ in mA/A			
60 V	60 mA	12	6 mA	12	600 μA	12	60 μA	20	6 μA	71	600 nA	0,6	60 nA	5,8
110 V	110 mA		11 mA		1,1 mA		110 μA		11 μA		1,1 μA		110 nA	
230 V	230 mA		23 mA		2,3 mA		230 μA		23 μA		2,3 μA		230 nA	
400 V	400 mA		40 mA		4 mA		400 μA		40 μA		4,0 μA		400 nA	

Matrix BM.3 Wechselstromwiderstand

Spannung [V] \ Stromstärke [A]	0,001 V	0,010 V	0,010 V	0,100 V	0,100 V	1,000 V	1,000 V	10,000 V	10,000 V	100,000 V
$2,2 \cdot 10^{-3}$ A	1,57E-03	4,66E-04	4,66E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,78E-04
$22 \cdot 10^{-3}$ A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
0,22 A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
2,2 A	1,64E-03	6,78E-04	6,78E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,21E-04

**Dimensionelle Messgrößen**
**Permanentes Laboratorium-Standort Berlin**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Länge</b> Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	0 mm bis 500 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	$20 \mu m + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$	/: Messwert
Bügelmessschrauben *	0 mm bis 300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	$2 \mu m + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$	

## Elektrische Messgrößen

### Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim

#### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung Quellen	0 V		120 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	$U = \text{Messwert}$
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Gleichspannung Messgeräte	0 V bis 220 mV		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,6 \mu\text{V}$	$U = \text{Messwert}$
	> 220 mV bis 2,2 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \mu\text{V}$	
	> 2,2 V bis 11 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \mu\text{V}$	
	> 11 V bis 22 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6,5 \mu\text{V}$	
	> 22 V bis 220 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 V bis 1050 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$	
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 30 kV		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Quellen, Messgeräte	2 mV bis 1000 V	10 Hz bis 1 MHz	4,1 $\mu$ V bis 0,48 V	U = Messwert
	2 mV bis 10 mV	10 Hz bis 40 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
	> 10 mV bis 100 mV	10 Hz bis 40 Hz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,6 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,93 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
	> 100 mV bis 1 V	10 Hz bis 40 Hz	$83 \cdot 10^{-6} \cdot U + 46 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$82 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
	> 1 V bis 10 V	10 Hz bis 40 Hz	$85 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,46$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
	> 10 V bis 100 V	10 Hz bis 40 Hz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,6$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,41 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
	> 100 V bis 1000 V	50 Hz bis 1 kHz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV	

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	1 mV bis 1100 V	10 Hz bis 1 MHz	5 µV bis 81 mV	U = Messwert
	1 mV bis 2,2 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 2,2 mV bis 22 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 22 mV bis 220 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 mV bis 2,2 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 70 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,39 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$0,95 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,85 \text{ mV}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	> 2,2 V bis 22 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,25 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \text{ }\mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,16 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,3 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8,5 \text{ mV}$	
	> 22 V bis 220 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,5 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
	> 220 V bis 1100 V	15 Hz bis 50 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \text{ mV}$	
		> 50 Hz bis 1 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
	1 mV bis 220 V	1 Hz bis 10 kHz Rechteckspannung	$0,38 \text{ }\mu\text{V}$ bis 3,2 mV Siehe Matrix MM.1	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 21 kV	45 Hz bis 55 Hz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	> 21 kV bis 30 kV		7,9 V	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Messgeräte, Quellen	0 mA bis 220 µA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	$I = \text{Messwert}$
	> 220 µA bis 2,2 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 22 mA bis 100 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 100 mA bis 220 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 200 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,8 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 1 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ µA}$	
	> 1 A bis 2,2 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 25 \text{ µA}$	
	> 2,2 A bis 3 A		$0,38 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
	> 3 A bis 10,1 A		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,5 \text{ mA}$	
	> 10,1 A bis 20,5 A		$1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,75 \text{ mA}$	
	0 pA bis 1 pA		1 pA	
	> 1 pA bis 100 nA		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 100 nA bis 1 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 1 µA bis 10 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,12 \text{ nA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,92 \text{ nA}$	
	> 100 µA bis 1 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 6 \text{ nA}$	
	> 1 mA bis 10 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 58 \text{ nA}$	
	> 10 mA bis 100 mA		$41 \cdot 10^{-6} \cdot I + 580 \text{ nA}$	
	> 100 mA bis 1 A		$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I + 12 \text{ µA}$	
	1 A bis 400 A		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen	$3 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte, Quellen	10 µA bis 20,5 A	10 Hz bis 10 kHz	25 nA bis 0,62 A	I = Messwert
	0,01 mA bis 0,22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 16 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 0,22 mA bis 2,2 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8 \text{ µA}$	
	> 22 mA bis 220 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 3,5 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 2,2 A	20 Hz bis 1 kHz	$0,55 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,16 \text{ mA}$	
	> 2,2 A bis 3 A	10 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
	> 3 A bis 11 A	45 Hz bis 100 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20,5 A	45 Hz bis 100 Hz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	5 $\mu$ A bis 1 A	20 Hz bis 5 kHz	35 nA bis 13 mA	I = Messwert
	5 $\mu$ A bis 100 $\mu$ A	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34 \text{ nA}$	
	> 100 $\mu$ A bis 1 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \mu\text{A}$	
	> 1 mA bis 10 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \mu\text{A}$	
	> 10 mA bis 100 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \mu\text{A}$	
	> 100 mA bis 1 A	20 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Quellen, Messgeräte	10 mA bis 500 A		3 $\mu$ A bis 0,2 A	I = Messwert
	10 mA bis 1 A	40 Hz bis 1 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 1 A bis 100 A		$0,69 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 100 A bis 450 A		$0,9 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/N	$4 \cdot 10^{-3} \cdot I$	I = Messwert
Ersatzableitstromstärke	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$ DC bis 60 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$  Siehe Matrix MM.2	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Festwerte	0 $\Omega$	2-Draht Kurzschluss	0,5 m $\Omega$	$R$ = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 $\mu\Omega$	
	100 $\mu\Omega$		$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 m $\Omega$		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ;		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $9,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $31 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $100 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ; 1 G $\Omega$		$76 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $17 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $70 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $5,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 bis < 11 $\Omega$ 11 $\Omega$ bis < 110 $\Omega$ 110 $\Omega$ bis < 110 k $\Omega$ 110 k $\Omega$ bis < 1,1 M $\Omega$ 1,1 M $\Omega$ bis < 3,3 M $\Omega$ 3,3 M $\Omega$ bis < 11 M $\Omega$ 11 M $\Omega$ bis < 33 M $\Omega$ 33 M $\Omega$ bis < 110 M $\Omega$ 110 M $\Omega$ bis < 330 M $\Omega$ 330 M $\Omega$ bis < 1,1 G $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $28 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	500 $\mu\Omega$ bis 45 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$  $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$ bis $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$  Siehe Matrix MM.3	$R$ = Messwert $U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität Festwerte	0 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss	0,03 $\mu$ H	
	100 $\mu$ H	100 Hz	$0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$	L = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
		1 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität Festwerte	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	1 pF	1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$	C = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
		10 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		10 kHz;	$53 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$88 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		1 MHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz	$71 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz;	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz;	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung Messgeräte	0 W bis 21 kW	0 mV bis 1020 V 0 µA bis 20,5 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert
bei Zangenabgriff	0 W bis 300 kW	0 V bis 330 V 0 mA bis 1000 A	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung.
Wechselstromwirkleistung Messgeräte	0,11 mW bis 21 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 33 mV bis 1020 V 3,3 mA bis 20 A	$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert $PF$ = Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)
	15 W; 60 W; 100 W; 400 W; 500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 50 V; 200 V 0,3 A; 2 A; 10 A; 20 A	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1,5 W; 6 W	30 mA;	$0,26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	2,3 W bis 20,6 kW	45 Hz bis 65 Hz; $PF = 1$ 23 V bis 1020 V 30 mA bis 20,5 A	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	220 W	45 Hz bis 65 Hz 220 V; 1 A $PF = 1$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	198 W	$PF = 0,9$	$0,18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	110 W	$PF = 0,5$	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	22 W	$PF = 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	11 W	$PF = 0,05$	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 W bis 1 kW	33 V bis 330 V 330 mA bis < 3 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF < 1$ Induktiv, kapazitiv	0,22 W	
bei Zangenabgriff	0,5 W bis 218 kW	33 V bis 330 V 10 mA bis 660 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF \leq 1$ 1 bis 60 Wicklungen	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Stromfeld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen.
Leistungsfaktor	0 bis 0,4	33 V bis 330 V 330 mA bis 2,2 A 45 Hz bis 65 Hz	$0,15 \cdot 10^{-3}$	
	> 0,4 bis < 1		$-60 \cdot 10^{-6} \cdot P + 0,16 \cdot 10^{-3}$	
	1		$89 \cdot 10^{-6}$	
Wechselstrom- blindleistung Messgeräte	0 var bis 1 kvar	45 Hz bis 65 Hz	$U_P \cdot \text{var}/W$	$U_P$ ist die Unsicherheit der Wirkleistung

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 18 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$	$U_{\text{Tr}}$ : Triggerunsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms 2 ns bis 100 s 1 s bis 100 h		1,2 ns $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{\text{Tr}}$	
Drehzahl	$0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Oszilloskop Vertikal	0 V bis 5 V 5 V bis 130 V	DC bis 10 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$	$U$ : Messwert
Oszilloskop Horizontal	1 ns bis < 100 ns 100 ns bis 20 ms > 20 ms bis 5 s		$0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$ $3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$	$T$ = Messwert
Oszilloskope Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	50 kHz > 50 kHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 600 MHz > 600 MHz bis 1,1 GHz > 1,1 GHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz		$3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$	$f$ = Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Anstiegszeit Oszilloskope	50 ps bis 1 ms 1 ns bis 1 ms	0,05 V bis 1,2 V 0,1 bis 3 V	$4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Anstiegszeit Generatoren, Pulse	0,5 ns bis < 2,5 ns 2,5 ns bis 5 ms		$28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW	DC bis 50 MHz 50 MHz bis 4 GHz 4 GHz bis 12 GHz 12 GHz bis 18 GHz	$9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $14 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $22 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $36 \cdot 10^{-3} \cdot P$	N-Konnektor, 50 Ohm $ \Gamma_G  \leq 0,035$ $f \leq 4 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,056$ $f \leq 12 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,075$ $f \leq 18 \text{ GHz}$ andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Spannung $U_{\text{HF}}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	22 mV bis 2 V	DC bis 18 MHz	$W(U_{\text{HF}}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \text{ } \Omega$

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

Matrix MM.1 Rechteckspannung

Rechteckspannung [V] \ Frequenz [Hz]	0,001	0,01	0,1	0,1	0,5	1	5	10	50	100
10	3,8E-07	512,2E-9	2,44E-06	2,37E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
100	7,4E-07	814,6E-9	2,52E-06	2,46E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
1000	6,4E-06	6,4E-6	6,99E-06	6,97E-06	1,34E-05	2,4E-05	111,6E-6	251,5E-6	1,2E-3	2,3E-3
10000	6,3E-05	63,7E-6	6,56E-05	6,56E-05	7,47E-05	8,7E-05	200,5E-6	369,5E-6	1,6E-3	3,2E-3

Matrix MM.2 Ersatzableitstromstärke

Normalwiderstand $R_N$	1 k $\Omega$		10 k $\Omega$		100 k $\Omega$		1 M $\Omega$		10 M $\Omega$		100 M $\Omega$		1 G $\Omega$	
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in $\mu$ A/A										Stromstärke   $U$ in mA/A			
60 V	60 mA	12	6 mA	12	600 $\mu$ A	12	60 $\mu$ A	20	6 $\mu$ A	71	600 nA	0,6	60 nA	5,8
110 V	110 mA		11 mA		1,1 mA		110 $\mu$ A		11 $\mu$ A		1,1 $\mu$ A		110 nA	
230 V	230 mA		23 mA		2,3 mA		230 $\mu$ A		23 $\mu$ A		2,3 $\mu$ A		230 nA	
400 V	400 mA		40 mA		4 mA		400 $\mu$ A		40 $\mu$ A		4,0 $\mu$ A		400 nA	

Matrix MM.3 Wechselstromwiderstand

Spannung [V] \ Stromstärke [A]	0,001 V	0,010 V	0,010 V	0,100 V	0,100 V	1,000 V	1,000 V	10,000 V	10,000 V	100,000 V
2,2 · 10 <sup>-3</sup> A	1,57E-03	4,66E-04	4,66E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,78E-04
22 · 10 <sup>-3</sup> A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
0,22 A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
2,2 A	1,64E-03	6,78E-04	6,78E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,21E-04

**Dimensionelle Messgrößen**
**Permanentes Laboratorium-Standort Mannheim**

## Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Länge</b> Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	0 mm bis 500 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	20 $\mu m$ + 15 · 10 <sup>-6</sup> · /	/: Messwert
Bügelmessschrauben *	0 mm bis 300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	2 $\mu m$ + 6 · 10 <sup>-6</sup> · /	

## Elektrische Messgrößen

### Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

#### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung Quellen	0 V		120 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Gleichspannung Messgeräte	0 V bis 220 mV		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,6 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 220 mV bis 2,2 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \mu\text{V}$	
	> 2,2 V bis 11 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \mu\text{V}$	
	> 11 V bis 22 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6,5 \mu\text{V}$	
	> 22 V bis 220 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 V bis 1050 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$	
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 30 kV		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Quellen, Messgeräte	2 mV bis 1000 V	10 Hz bis 1 MHz	4,1 $\mu$ V bis 0,48 V	U = Messwert
	2 mV bis 10 mV	10 Hz bis 40 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
	> 10 mV bis 100 mV	10 Hz bis 40 Hz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,6 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,93 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
	> 100 mV bis 1 V	10 Hz bis 40 Hz	$83 \cdot 10^{-6} \cdot U + 46 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$82 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
	> 1 V bis 10 V	10 Hz bis 40 Hz	$85 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,46$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
	> 10 V bis 100 V	10 Hz bis 40 Hz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,6$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,41 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
	> 100 V bis 1000 V	50 Hz bis 1 kHz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV	



**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	1 mV bis 1100 V	10 Hz bis 1 MHz	5 µV bis 81 mV	U = Messwert
	1 mV bis 2,2 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 2,2 mV bis 22 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 22 mV bis 220 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 mV bis 2,2 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 70 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,39 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$0,95 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,85 \text{ mV}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	> 2,2 V bis 22 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,25 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \text{ }\mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,16 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,3 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8,5 \text{ mV}$	
	> 22 V bis 220 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,5 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
	> 220 V bis 1100 V	15 Hz bis 50 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \text{ mV}$	
		> 50 Hz bis 1 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
	1 mV bis 220 V	1 Hz bis 10 kHz Rechteckspannung	0,38 $\mu\text{V}$ bis 3,2 mV Siehe Matrix NM.1	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 21 kV	45 Hz bis 55 Hz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	> 21 kV bis 30 kV		7,9 V	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Messgeräte, Quellen	0 mA bis 220 µA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	$I = \text{Messwert}$
	> 220 µA bis 2,2 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 22 mA bis 100 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 100 mA bis 220 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 200 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,8 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 1 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ µA}$	
	> 1 A bis 2,2 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 25 \text{ µA}$	
	> 2,2 A bis 3 A		$0,38 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
	> 3 A bis 10,1 A		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,5 \text{ mA}$	
	> 10,1 A bis 20,5 A		$1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,75 \text{ mA}$	
	0 pA bis 1 pA		1 pA	
	> 1 pA bis 100 nA		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 100 nA bis 1 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 1 µA bis 10 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,12 \text{ nA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,92 \text{ nA}$	
	> 100 µA bis 1 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 6 \text{ nA}$	
	> 1 mA bis 10 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 58 \text{ nA}$	
	> 10 mA bis 100 mA		$41 \cdot 10^{-6} \cdot I + 580 \text{ nA}$	
	> 100 mA bis 1 A		$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I + 12 \text{ µA}$	
	1 A bis 400 A		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen	$3 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte, Quellen	10 µA bis 20,5 A	10 Hz bis 10 kHz	25 nA bis 0,62 A	I = Messwert
	0,01 mA bis 0,22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 16 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 0,22 mA bis 2,2 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8 \text{ µA}$	
	> 22 mA bis 220 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 3,5 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 2,2 A	20 Hz bis 1 kHz	$0,55 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,16 \text{ mA}$	
	> 2,2 A bis 3 A	10 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
	> 3 A bis 11 A	45 Hz bis 100 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20,5 A	45 Hz bis 100 Hz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	5 $\mu$ A bis 1 A	20 Hz bis 5 kHz	35 nA bis 13 mA	I = Messwert
	5 $\mu$ A bis 100 $\mu$ A	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34 \text{ nA}$	
	> 100 $\mu$ A bis 1 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \mu\text{A}$	
	> 1 mA bis 10 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \mu\text{A}$	
	> 10 mA bis 100 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \mu\text{A}$	
	> 100 mA bis 1 A	20 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Quellen, Messgeräte	10 mA bis 500 A		3 $\mu$ A bis 0,2 A	I = Messwert
	10 mA bis 1 A	40 Hz bis 1 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 1 A bis 100 A		$0,69 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 100 A bis 450 A		$0,9 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/N	$4 \cdot 10^{-3} \cdot I$	I = Messwert
Ersatzableitstromstärke	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$ DC bis 60 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$  Siehe Matrix NM.2	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Festwerte	0 $\Omega$	2-Draht Kurzschluss	0,5 m $\Omega$	$R$ = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 $\mu\Omega$	
	100 $\mu\Omega$		$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Zwischenwerte erhöhen die Messunsicherheit
	1 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 m $\Omega$		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ;		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $9,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $31 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $100 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ; 1 G $\Omega$		$76 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $17 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $70 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $5,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 bis < 11 $\Omega$ 11 $\Omega$ bis < 110 $\Omega$ 110 $\Omega$ bis < 110 k $\Omega$ 110 k $\Omega$ bis < 1,1 M $\Omega$ 1,1 M $\Omega$ bis < 3,3 M $\Omega$ 3,3 M $\Omega$ bis < 11 M $\Omega$ 11 M $\Omega$ bis < 33 M $\Omega$ 33 M $\Omega$ bis < 110 M $\Omega$ 110 M $\Omega$ bis < 330 M $\Omega$ 330 M $\Omega$ bis < 1,1 G $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $28 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Messgeräte				
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	500 $\mu\Omega$ bis 45 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$  $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$ bis $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$  Siehe Matrix NM.3	$R$ = Messwert $U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität Festwerte	0 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss	0,03 $\mu$ H	
	100 $\mu$ H	100 Hz	$0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$	$L$ = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
		1 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität Festwerte	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	1 pF	1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$	$C$ = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
		10 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		10 kHz;	$53 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$88 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		1 MHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz	$71 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz;	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz;	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung Messgeräte	0 W bis 21 kW	0 mV bis 1020 V 0 µA bis 20,5 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert
bei Zangenabgriff	0 W bis 300 kW	0 V bis 330 V 0 mA bis 1000 A	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung.
Wechselstromwirkleistung Messgeräte	0,11 mW bis 21 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 33 mV bis 1020 V 3,3 mA bis 20 A	$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert $PF$ = Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)
	15 W; 60 W; 100 W; 400 W; 500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 50 V; 200 V 0,3 A; 2 A; 10 A; 20 A	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1,5 W; 6 W	30 mA;	$0,26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	2,3 W bis 20,6 kW	45 Hz bis 65 Hz; $PF = 1$ 23 V bis 1020 V 30 mA bis 20,5 A	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	220 W	45 Hz bis 65 Hz 220 V; 1 A $PF = 1$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	198 W	$PF = 0,9$	$0,18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	110 W	$PF = 0,5$	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	22 W	$PF = 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	11 W	$PF = 0,05$	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 W bis 1 kW	33 V bis 330 V 330 mA bis < 3 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF < 1$ Induktiv, kapazitiv	0,22 W	
bei Zangenabgriff	0,5 W bis 218 kW	33 V bis 330 V 10 mA bis 660 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF \leq 1$ 1 bis 60 Wicklungen	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Streu Feld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen.
Leistungsfaktor	0 bis 0,4	33 V bis 330 V 330 mA bis 2,2 A 45 Hz bis 65 Hz	$0,15 \cdot 10^{-3}$	
	> 0,4 bis < 1		$-60 \cdot 10^{-6} \cdot P + 0,16 \cdot 10^{-3}$	
	1		$89 \cdot 10^{-6}$	
Wechselstrom- blindleistung Messgeräte	0 var bis 1 kvar	45 Hz bis 65 Hz	$U_P \cdot \text{var}/W$	$U_P$ ist die Unsicherheit der Wirkleistung



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 18 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$	$U_{\text{Tr}}$ : Triggerunsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms 2 ns bis 100 s 1 s bis 100 h		1,2 ns $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{\text{Tr}}$	
Drehzahl	$0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Oszilloskop Vertikal	0 V bis 5 V 5 V bis 130 V	DC bis 10 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$	$U$ : Messwert
Oszilloskop Horizontal	1 ns bis < 100 ns 100 ns bis 20 ms > 20 ms bis 5 s		$0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$ $3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$	$T$ = Messwert
Oszilloskope Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	50 kHz > 50 kHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 600 MHz > 600 MHz bis 1,1 GHz > 1,1 GHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz		$3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$	$f$ = Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Anstiegszeit Oszilloskope	50 ps bis 1 ms 1 ns bis 1 ms	0,05 V bis 1,2 V 0,1 bis 3 V	$4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Anstiegszeit Generatoren, Pulse	0,5 ns bis < 2,5 ns 2,5 ns bis 5 ms		$28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW	DC bis 50 MHz 50 MHz bis 4 GHz 4 GHz bis 12 GHz 12 GHz bis 18 GHz	$9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $14 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $22 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $36 \cdot 10^{-3} \cdot P$	N-Konnektor, 50 Ohm $ \Gamma_G  \leq 0,035$ $f \leq 4 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,056$ $f \leq 12 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,075$ $f \leq 18 \text{ GHz}$ andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Spannung $U_{\text{HF}}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	22 mV bis 2 V	DC bis 18 MHz	$W(U_{\text{HF}}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \text{ } \Omega$

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

#### Matrix NM.1 Rechteckspannung

Rechteckspannung [V] Frequenz [Hz]	0,001	0,01	0,1	0,1	0,5	1	5	10	50	100
10	3,8E-07	512,2E-9	2,44E-06	2,37E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
100	7,4E-07	814,6E-9	2,52E-06	2,46E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
1000	6,4E-06	6,4E-6	6,99E-06	6,97E-06	1,34E-05	2,4E-05	111,6E-6	251,5E-6	1,2E-3	2,3E-3
10000	6,3E-05	63,7E-6	6,56E-05	6,56E-05	7,47E-05	8,7E-05	200,5E-6	369,5E-6	1,6E-3	3,2E-3

#### Matrix NM.2 Ersatzableitstromstärke

Normalwiderstand $R_N$	1 kΩ		10 kΩ		100 kΩ		1 MΩ		10 MΩ		100 MΩ		1 GΩ	
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in μA/A										Stromstärke   $U$ in mA/A			
60 V	60 mA	12	6 mA	12	600 μA	12	60 μA	20	6 μA	71	600 nA	0,6	60 nA	5,8
110 V	110 mA		11 mA		1,1 mA		110 μA		11 μA		1,1 μA		110 nA	
230 V	230 mA		23 mA		2,3 mA		230 μA		23 μA		2,3 μA		230 nA	
400 V	400 mA		40 mA		4 mA		400 μA		40 μA		4,0 μA		400 nA	

#### Matrix NM.3 Wechselstromwiderstand

Spannung [V] Stromstärke [A]	0,001 V	0,010 V	0,010 V	0,100 V	0,100 V	1,000 V	1,000 V	10,000 V	10,000 V	100,000 V
$2,2 \cdot 10^{-3}$ A	1,57E-03	4,66E-04	4,66E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,78E-04
$22 \cdot 10^{-3}$ A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
0,22 A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
2,2 A	1,64E-03	6,78E-04	6,78E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,21E-04

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Dimensionelle Messgrößen**

**Permanentes Laboratorium Standort Nürnberg**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					Bemerkungen
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne			Messbedingungen / Verfahren	
<b>Länge</b> Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	0 mm	bis	500 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	l: Messwert
Bügelmessschrauben *	0 mm	bis	300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	
Zylindrische Normale Ringe * Durchmesser	1 mm	bis	90 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.1:2006 Option 3	d ist der gemessene Durchmesser
Lehrdorne * Durchmesser	1 mm	bis	120 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.1:2006 Option 3	
Prüfstifte * Durchmesser	1 mm	bis	120 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2:2007 Option 1	
Gewindelehren * (ein- und mehrgängige zylindrische Außen- und Innengewinde mit geradlinigen Flanken, symmetrischem Profil, Nennsteigung und Nennprofilwinkel) Außengewinde Einfacher Flankendurchmesser	1 mm	bis	120 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.8:2006 Option 1 Dreidrahtmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	
Innengewinde Einfacher Flankendurchmesser				VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9:2006 Option 1 Zweikugelmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	

## Elektrische Messgrößen

### Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

#### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung Quellen	0 V		120 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Gleichspannung Messgeräte	0 V bis 220 mV		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,6 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 220 mV bis 2,2 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \mu\text{V}$	
	> 2,2 V bis 11 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \mu\text{V}$	
	> 11 V bis 22 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6,5 \mu\text{V}$	
	> 22 V bis 220 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 V bis 1050 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$	
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 30 kV		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Quellen, Messgeräte	2 mV bis 1000 V	10 Hz bis 1 MHz	4,1 $\mu$ V bis 0,48 V	U = Messwert
	2 mV bis 10 mV	10 Hz bis 40 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
	> 10 mV bis 100 mV	10 Hz bis 40 Hz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,6 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,93 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
	> 100 mV bis 1 V	10 Hz bis 40 Hz	$83 \cdot 10^{-6} \cdot U + 46 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$82 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
	> 1 V bis 10 V	10 Hz bis 40 Hz	$85 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,46$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
	> 10 V bis 100 V	10 Hz bis 40 Hz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,6$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,41 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
	> 100 V bis 1000 V	50 Hz bis 1 kHz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV	

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	1 mV bis 1100 V	10 Hz bis 1 MHz	5 µV bis 81 mV	U = Messwert
	1 mV bis 2,2 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 2,2 mV bis 22 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 22 mV bis 220 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 mV bis 2,2 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 70 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,39 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$0,95 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,85 \text{ mV}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	> 2,2 V bis 22 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	U = Messwert
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,25 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \text{ }\mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,16 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,3 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8,5 \text{ mV}$	
	> 22 V bis 220 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,5 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
	> 220 V bis 1100 V	15 Hz bis 50 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \text{ mV}$	
		> 50 Hz bis 1 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
	1 mV bis 220 V	1 Hz bis 10 kHz Rechteckspannung	0,38 $\mu\text{V}$ bis 3,2 mV Siehe Matrix SM.1	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 21 kV	45 Hz bis 55 Hz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	> 21 kV bis 30 kV		7,9 V	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Messgeräte, Quellen	0 mA bis 220 µA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	$I = \text{Messwert}$
	> 220 µA bis 2,2 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 22 mA bis 100 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 100 mA bis 220 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 200 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,8 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 1 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ µA}$	
	> 1 A bis 2,2 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 25 \text{ µA}$	
	> 2,2 A bis 3 A		$0,38 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
	> 3 A bis 10,1 A		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,5 \text{ mA}$	
	> 10,1 A bis 20,5 A		$1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,75 \text{ mA}$	
	0 pA bis 1 pA		1 pA	
	> 1 pA bis 100 nA		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 100 nA bis 1 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 1 µA bis 10 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,12 \text{ nA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,92 \text{ nA}$	
	> 100 µA bis 1 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 6 \text{ nA}$	
	> 1 mA bis 10 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 58 \text{ nA}$	
	> 10 mA bis 100 mA		$41 \cdot 10^{-6} \cdot I + 580 \text{ nA}$	
	> 100 mA bis 1 A		$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I + 12 \text{ µA}$	
	1 A bis 400 A		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen	$3 \cdot 10^{-3} \cdot I$	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte, Quellen	10 µA bis 20,5 A	10 Hz bis 10 kHz	25 nA bis 0,62 A	I = Messwert
	0,01 mA bis 0,22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 16 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 0,22 mA bis 2,2 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,1,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8 \text{ µA}$	
	> 22 mA bis 220 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 3,5 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 2,2 A	20 Hz bis 1 kHz	$0,55 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,16 \text{ mA}$	
	> 2,2 A bis 3 A	10 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
	> 3 A bis 11 A	45 Hz bis 100 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20,5 A	45 Hz bis 100 Hz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	5 $\mu$ A bis 1 A	20 Hz bis 5 kHz	35 nA bis 13 mA	I = Messwert
	5 $\mu$ A bis 100 $\mu$ A	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34 \text{ nA}$	
	> 100 $\mu$ A bis 1 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \text{ } \mu\text{A}$	
	> 1 mA bis 10 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ } \mu\text{A}$	
	> 10 mA bis 100 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \text{ } \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \text{ } \mu\text{A}$	
	> 100 mA bis 1 A	20 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Quellen, Messgeräte	10 mA bis 500 A		3 $\mu$ A bis 0,2 A	I = Messwert
	10 mA bis 1 A	40 Hz bis 1 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 1 A bis 100 A		$0,69 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 100 A bis 450 A		$0,9 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/N	$4 \cdot 10^{-3} \cdot I$	I = Messwert
Ersatzableitstromstärke	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$ DC bis 60 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$  Siehe Matrix SM.2	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Festwerte	0 $\Omega$	2-Draht Kurzschluss	0,5 m $\Omega$	$R$ = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 $\mu\Omega$	
	100 $\mu\Omega$		$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Zwischenwerte erhöhen die Messunsicherheit
	1 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 m $\Omega$		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ;		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $9,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $31 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $100 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ; 1 G $\Omega$		$76 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $17 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $70 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $5,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Messgeräte	0 bis < 11 $\Omega$ 11 $\Omega$ bis < 110 $\Omega$ 110 $\Omega$ bis < 110 k $\Omega$ 110 k $\Omega$ bis < 1,1 M $\Omega$ 1,1 M $\Omega$ bis < 3,3 M $\Omega$ 3,3 M $\Omega$ bis < 11 M $\Omega$ 11 M $\Omega$ bis < 33 M $\Omega$ 33 M $\Omega$ bis < 110 M $\Omega$ 110 M $\Omega$ bis < 330 M $\Omega$ 330 M $\Omega$ bis < 1,1 G $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $28 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	500 $\mu\Omega$ bis 45 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$  $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$ bis $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$  Siehe Matrix SM.3	$R$ = Messwert $U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität Festwerte	0 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss	0,03 $\mu$ H	
	100 $\mu$ H	100 Hz	$0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$	$L$ = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
		1 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität Festwerte	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	1 pF	1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$	$C$ = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
		10 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		10 kHz;	$53 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$88 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		1 MHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz	$71 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz;	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz;	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung Messgeräte	0 W bis 21 kW	0 mV bis 1020 V 0 µA bis 20,5 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert
bei Zangenabgriff	0 W bis 300 kW	0 V bis 330 V 0 mA bis 1000 A	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung.
Wechselstromwirkleistung Messgeräte	0,11 mW bis 21 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 33 mV bis 1020 V 3,3 mA bis 20 A	$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert $PF$ = Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)
	15 W; 60 W; 100 W; 400 W; 500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 50 V; 200 V 0,3 A; 2 A; 10 A; 20 A	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1,5 W; 6 W	30 mA;	$0,26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	2,3 W bis 20,6 kW	45 Hz bis 65 Hz; $PF = 1$ 23 V bis 1020 V 30 mA bis 20,5 A	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	220 W	45 Hz bis 65 Hz 220 V; 1 A $PF = 1$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	198 W	$PF = 0,9$	$0,18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	110 W	$PF = 0,5$	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	22 W	$PF = 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	11 W	$PF = 0,05$	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 W bis 1 kW	33 V bis 330 V 330 mA bis < 3 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF < 1$ Induktiv, kapazitiv	0,22 W	
bei Zangenabgriff	0,5 W bis 218 kW	33 V bis 330 V 10 mA bis 660 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF \leq 1$ 1 bis 60 Wicklungen	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Stromfeld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen.
Leistungsfaktor	0 bis 0,4	33 V bis 330 V 330 mA bis 2,2 A 45 Hz bis 65 Hz	$0,15 \cdot 10^{-3}$	
	> 0,4 bis < 1		$-60 \cdot 10^{-6} \cdot P + 0,16 \cdot 10^{-3}$	
	1		$89 \cdot 10^{-6}$	
Wechselstrom- blindleistung Messgeräte	0 var bis 1 kvar	45 Hz bis 65 Hz	$U_P \cdot \text{var}/W$	$U_P$ ist die Unsicherheit der Wirkleistung

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 18 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$	$U_{\text{Tr}}$ : Triggerunsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms 2 ns bis 100 s 1 s bis 100 h		1,2 ns $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{\text{Tr}}$	
Drehzahl	$0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Oszilloskop Vertikal	0 V bis 5 V 5 V bis 130 V	DC bis 10 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$	$U$ : Messwert
Oszilloskop Horizontal	1 ns bis < 100 ns 100 ns bis 20 ms > 20 ms bis 5 s		$0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$ $3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$	$T$ = Messwert
Oszilloskope Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	50 kHz > 50 kHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 600 MHz > 600 MHz bis 1,1 GHz > 1,1 GHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz		$3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$	$f$ = Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Anstiegszeit Oszilloskope	50 ps bis 1 ms 1 ns bis 1 ms	0,05 V bis 1,2 V 0,1 bis 3 V	$4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Anstiegszeit Generatoren, Pulse	0,5 ns bis < 2,5 ns 2,5 ns bis 5 ms		$28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW	DC bis 50 MHz 50 MHz bis 4 GHz 4 GHz bis 12 GHz 12 GHz bis 18 GHz	$9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $14 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $22 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $36 \cdot 10^{-3} \cdot P$	N-Konnektor, 50 Ohm $ \Gamma_G  \leq 0,035$ $f \leq 4 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,056$ $f \leq 12 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,075$ $f \leq 18 \text{ GHz}$ andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Spannung $U_{\text{HF}}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	22 mV bis 2 V	DC bis 18 MHz	$W(U_{\text{HF}}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \text{ } \Omega$

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

#### Matrix SM.1 Rechteckspannung

Rechteckspannung [V] \ Frequenz [Hz]	0,001	0,01	0,1	0,1	0,5	1	5	10	50	100
10	3,8E-07	512,2E-9	2,44E-06	2,37E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
100	7,4E-07	814,6E-9	2,52E-06	2,46E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
1000	6,4E-06	6,4E-6	6,99E-06	6,97E-06	1,34E-05	2,4E-05	111,6E-6	251,5E-6	1,2E-3	2,3E-3
10000	6,3E-05	63,7E-6	6,56E-05	6,56E-05	7,47E-05	8,7E-05	200,5E-6	369,5E-6	1,6E-3	3,2E-3

#### Matrix SM.2 Ersatzableitstromstärke

Normalwiderstand $R_N$	1 k $\Omega$	10 k $\Omega$	100 k $\Omega$	1 M $\Omega$	10 M $\Omega$	100 M $\Omega$	1 G $\Omega$
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in $\mu A/A$						Stromstärke   $U$ in mA/A
60 V	60 mA	6 mA	600 $\mu A$	60 $\mu A$	6 $\mu A$	600 nA	60 nA
110 V	110 mA	11 mA	1,1 mA	110 $\mu A$	11 $\mu A$	1,1 $\mu A$	110 nA
230 V	230 mA	23 mA	2,3 mA	230 $\mu A$	23 $\mu A$	2,3 $\mu A$	230 nA
400 V	400 mA	40 mA	4 mA	400 $\mu A$	40 $\mu A$	4,0 $\mu A$	400 nA

#### Matrix SM.3 Wechselstromwiderstand

Spannung [V] \ Stromstärke [A]	0,001 V	0,010 V	0,010 V	0,100 V	0,100 V	1,000 V	1,000 V	10,000 V	10,000 V	100,000 V
$2,2 \cdot 10^{-3}$ A	1,57E-03	4,66E-04	4,66E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,78E-04
$22 \cdot 10^{-3}$ A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
0,22 A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
2,2 A	1,64E-03	6,78E-04	6,78E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,21E-04

### Dimensionelle Messgrößen

#### Permanentes Laboratorium-Standort Steinfurt

##### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Länge</b> Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	0 mm bis 500 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	$20 \mu m + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$	l: Messwert
Bügelmessschrauben *	0 mm bis 300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	$2 \mu m + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$	

**Elektrische Messgrößen**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung Quellen	0 V		120 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Gleichspannung Messgeräte	0 V bis 220 mV		$6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,6 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 220 mV bis 2,2 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1 \mu\text{V}$	
	> 2,2 V bis 11 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \mu\text{V}$	
	> 11 V bis 22 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6,5 \mu\text{V}$	
	> 22 V bis 220 V		$5 \cdot 10^{-6} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 V bis 1050 V		$7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$	
	0 V bis 0,1 V		$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu\text{V}$	
	> 0,1 V bis 1 V		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu\text{V}$	
	> 1 V bis 10 V		$3,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,56 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$5,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 500 V		$9,6 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \text{ mV}$	
	> 500 V bis 1050 V		$30 \cdot 10^{-6} \cdot U - 10 \text{ mV}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 30 kV		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	



**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Quellen, Messgeräte	2 mV bis 1000 V	10 Hz bis 1 MHz	4,1 $\mu$ V bis 0,48 V	U = Messwert
	2 mV bis 10 mV	10 Hz bis 40 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
	> 10 mV bis 100 mV	10 Hz bis 40 Hz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,6 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,93 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ V	
	> 100 mV bis 1 V	10 Hz bis 40 Hz	$83 \cdot 10^{-6} \cdot U + 46 \mu$ V	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$82 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 23 \mu$ V	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,12$ mV	
	> 1 V bis 10 V	10 Hz bis 40 Hz	$85 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,46$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$87 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,35 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,92 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,23$ mV	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
		> 300 kHz bis 1 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,2$ mV	
	> 10 V bis 100 V	10 Hz bis 40 Hz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,6$ mV	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 1 kHz bis 20 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,41 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,3$ mV	
	> 100 V bis 1000 V	50 Hz bis 1 kHz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV	

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	1 mV bis 1100 V	10 Hz bis 1 MHz	5 µV bis 81 mV	U = Messwert
	1 mV bis 2,2 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 2,2 mV bis 22 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot U + 5 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 7 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
	> 22 mV bis 220 mV	10 Hz bis 20 Hz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 13 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu\text{V}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$3,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
	> 220 mV bis 2,2 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 80 \mu\text{V}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 25 \mu\text{V}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 6 \mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \mu\text{V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 70 \mu\text{V}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,39 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$0,95 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,85 \text{ mV}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung Messgeräte, Quellen	> 2,2 V bis 22 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	$U = \text{Messwert}$
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,25 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \text{ }\mu\text{V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,16 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,35 \text{ mV}$	
		> 100 kHz bis 300 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$	
		> 300 kHz bis 500 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4,3 \text{ mV}$	
		> 500 kHz bis 1 MHz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8,5 \text{ mV}$	
	> 22 V bis 220 V	10 Hz bis 20 Hz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
		> 20 Hz bis 40 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,5 \text{ mV}$	
		> 40 Hz bis 20 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,19 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$	
	> 220 V bis 1100 V	15 Hz bis 50 Hz	$0,36 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16 \text{ mV}$	
		> 50 Hz bis 1 kHz	$70 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,5 \text{ mV}$	
	1 mV bis 220 V	1 Hz bis 10 kHz Rechteckspannung	$0,38 \text{ }\mu\text{V}$ bis 3,2 mV Siehe Matrix WM.1	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 21 kV	45 Hz bis 55 Hz	$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	> 21 kV bis 30 kV		7,9 V	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke Messgeräte, Quellen	0 mA bis 220 µA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	$I = \text{Messwert}$
	> 220 µA bis 2,2 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 8 \text{ nA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA		$40 \cdot 10^{-6} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 22 mA bis 100 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 100 mA bis 220 mA		$50 \cdot 10^{-6} \cdot I + 200 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,8 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 1 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ µA}$	
	> 1 A bis 2,2 A		$65 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 25 \text{ µA}$	
	> 2,2 A bis 3 A		$0,38 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
	> 3 A bis 10,1 A		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,5 \text{ mA}$	
	> 10,1 A bis 20,5 A		$1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,75 \text{ mA}$	
	0 pA bis 1 pA		1 pA	
	> 1 pA bis 100 nA		$35 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 100 nA bis 1 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 46 \text{ pA}$	
	> 1 µA bis 10 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,12 \text{ nA}$	
	> 10 µA bis 100 µA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,92 \text{ nA}$	
	> 100 µA bis 1 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 6 \text{ nA}$	
	> 1 mA bis 10 mA		$23 \cdot 10^{-6} \cdot I + 58 \text{ nA}$	
	> 10 mA bis 100 mA		$41 \cdot 10^{-6} \cdot I + 580 \text{ nA}$	
	> 100 mA bis 1 A		$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I + 12 \text{ µA}$	
	1 A bis 400 A		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen	$3 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Messgeräte, Quellen	10 µA bis 20,5 A	10 Hz bis 10 kHz	25 nA bis 0,62 A	I = Messwert
	0,01 mA bis 0,22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 16 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ nA}$	
	> 0,22 mA bis 2,2 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ nA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,1,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,8 \text{ µA}$	
	> 2,2 mA bis 22 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8 \text{ µA}$	
	> 22 mA bis 220 mA	10 Hz bis 40 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ µA}$	
		> 40 Hz bis 1 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot I + 3,5 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 40 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
	> 220 mA bis 2,2 A	20 Hz bis 1 kHz	$0,55 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ µA}$	
		> 1 kHz bis 5 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot I + 80 \text{ µA}$	
		> 5 kHz bis 10 kHz	$0,75 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,16 \text{ mA}$	
	> 2,2 A bis 3 A	10 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,1 \text{ mA}$	
	> 3 A bis 11 A	45 Hz bis 100 Hz	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$	
	> 11 A bis 20,5 A	45 Hz bis 100 Hz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 5 \text{ mA}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	5 $\mu$ A bis 1 A	20 Hz bis 5 kHz	35 nA bis 13 mA	I = Messwert
	5 $\mu$ A bis 100 $\mu$ A	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35 \text{ nA}$	
		> 45 Hz bis 1 kHz	$0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34 \text{ nA}$	
	> 100 $\mu$ A bis 1 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \mu\text{A}$	
	> 1 mA bis 10 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \mu\text{A}$	
	> 10 mA bis 100 mA	20 Hz bis 45 Hz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \mu\text{A}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \mu\text{A}$	
	> 100 mA bis 1 A	20 Hz bis 45 Hz	$1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ mA}$	
		> 45 Hz bis 100 Hz	$0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33 \text{ mA}$	
		> 100 Hz bis 5 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21 \text{ mA}$	
Wechselstromstärke Quellen, Messgeräte	10 mA bis 500 A		3 $\mu$ A bis 0,2 A	I = Messwert
	10 mA bis 1 A	40 Hz bis 1 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 1 A bis 100 A		$0,69 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	> 100 A bis 450 A		$0,9 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
Stromzangen und Stromzangenwandler	1 mA bis 1100 A	1 bis N Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/N	$4 \cdot 10^{-3} \cdot I$	I = Messwert
Ersatzableitstromstärke	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$ DC bis 60 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$  Siehe Matrix WM.2	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand Festwerte	0 $\Omega$	2-Draht Kurzschluss	0,5 m $\Omega$	$R$ = Messwert
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 $\mu\Omega$	
	100 $\mu\Omega$		$0,45 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Zwischenwerte erhöhen die Messunsicherheit
	1 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	10 m $\Omega$		$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	100 m $\Omega$		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ;		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $9,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $31 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $100 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 $\Omega$ ; 10 $\Omega$ ; 100 $\Omega$ ; 1 k $\Omega$ ; 10 k $\Omega$ ; 100 k $\Omega$ ; 1 M $\Omega$ ; 10 M $\Omega$ ; 100 M $\Omega$ ; 1 G $\Omega$		$76 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $17 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $10 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $13 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $70 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,59 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $5,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 bis < 11 $\Omega$ 11 $\Omega$ bis < 110 $\Omega$ 110 $\Omega$ bis < 110 k $\Omega$ 110 k $\Omega$ bis < 1,1 M $\Omega$ 1,1 M $\Omega$ bis < 3,3 M $\Omega$ 3,3 M $\Omega$ bis < 11 M $\Omega$ 11 M $\Omega$ bis < 33 M $\Omega$ 33 M $\Omega$ bis < 110 M $\Omega$ 110 M $\Omega$ bis < 330 M $\Omega$ 330 M $\Omega$ bis < 1,1 G $\Omega$		$40 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $35 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $28 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $32 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,25 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Messgeräte				
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	500 $\mu\Omega$ bis 45 k $\Omega$	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_I^2 + U_U^2} \cdot R$  $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$ bis $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$  Siehe Matrix WM.3	$R$ = Messwert $U_I$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität Festwerte	0 $\mu$ H	2-Draht-Kurzschluss	0,03 $\mu$ H	
	100 $\mu$ H	100 Hz	$0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$	$L$ = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$
		1 kHz	$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		1 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
		10 kHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität Festwerte	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	1 pF	1 kHz	$0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$	$C$ = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$
		10 kHz	$0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		10 kHz;	$53 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$88 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		1 MHz	$0,24 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz	$71 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
		100 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz;	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		1 kHz;	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
		10 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 $\mu$ F	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$	



# Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

## Permanentes Laboratorium – Standort Wien

### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung Messgeräte	0 W bis 21 kW	0 mV bis 1020 V 0 µA bis 20,5 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert
bei Zangenabgriff	0 W bis 300 kW	0 V bis 330 V 0 mA bis 1000 A	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung.
Wechselstromwirkleistung Messgeräte	0,11 mW bis 21 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 33 mV bis 1020 V 3,3 mA bis 20 A	$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$P$ = Messwert $PF$ = Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)
	15 W; 60 W; 100 W; 400 W; 500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW	$PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz 50 V; 200 V 0,3 A; 2 A; 10 A; 20 A	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1,5 W; 6 W	30 mA;	$0,26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	2,3 W bis 20,6 kW	45 Hz bis 65 Hz; $PF = 1$ 23 V bis 1020 V 30 mA bis 20,5 A	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	220 W	45 Hz bis 65 Hz 220 V; 1 A $PF = 1$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	198 W	$PF = 0,9$	$0,18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	110 W	$PF = 0,5$	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	22 W	$PF = 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	11 W	$PF = 0,05$	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	10 W bis 1 kW	33 V bis 330 V 330 mA bis < 3 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF < 1$ Induktiv, kapazitiv	0,22 W	
bei Zangenabgriff	0,5 W bis 218 kW	33 V bis 330 V 10 mA bis 660 A 45 Hz bis 65 Hz $0,05 \leq PF \leq 1$ 1 bis 60 Wicklungen	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Streu Feld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen.
Leistungsfaktor	0 bis 0,4	33 V bis 330 V 330 mA bis 2,2 A 45 Hz bis 65 Hz	$0,15 \cdot 10^{-3}$	
	> 0,4 bis < 1		$-60 \cdot 10^{-6} \cdot P + 0,16 \cdot 10^{-3}$	
	1		$89 \cdot 10^{-6}$	
Wechselstrom- blindleistung Messgeräte	0 var bis 1 kvar	45 Hz bis 65 Hz	$U_P \cdot \text{var}/W$	$U_P$ ist die Unsicherheit der Wirkleistung

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Permanentes Laboratorium – Standort Wien

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 18 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{Tf}$	$U_{Tf}$ : Triggerunsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms 2 ns bis 100 s 1 s bis 100 h		1,2 ns $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$ $14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{Tf}$	
Drehzahl	$0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Oszilloskop Vertikal	0 V bis 5 V 5 V bis 130 V	DC bis 10 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$	$U$ : Messwert
Oszilloskop Horizontal	1 ns bis < 100 ns 100 ns bis 20 ms > 20 ms bis 5 s		$0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$ $3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$	$T$ = Messwert
Oszilloskope Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	50 kHz > 50 kHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 600 MHz > 600 MHz bis 1,1 GHz > 1,1 GHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz		$3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$	$f$ = Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Anstiegszeit Oszilloskope	50 ps bis 1 ms 1 ns bis 1 ms	0,05 V bis 1,2 V 0,1 bis 3 V	$4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Anstiegszeit Generatoren, Pulse	0,5 ns bis < 2,5 ns 2,5 ns bis 5 ms		$28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW	DC bis 50 MHz 50 MHz bis 4 GHz 4 GHz bis 12 GHz 12 GHz bis 18 GHz	$9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $14 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $22 \cdot 10^{-3} \cdot P$ $36 \cdot 10^{-3} \cdot P$	N-Konnektor, 50 Ohm $ \Gamma_G  \leq 0,035$ $f \leq 4 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,056$ $f \leq 12 \text{ GHz}$ $ \Gamma_G  \leq 0,075$ $f \leq 18 \text{ GHz}$ andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Spannung $U_{HF}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	22 mV bis 2 V	DC bis 18 MHz	$W(U_{HF}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \text{ } \Omega$

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**
**Matrix WM.1 Rechteckspannung**

Rechteckspannung [V] \ Frequenz [Hz]	0,001	0,01	0,1	0,1	0,5	1	5	10	50	100
10	3,8E-07	512,2E-9	2,44E-06	2,37E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
100	7,4E-07	814,6E-9	2,52E-06	2,46E-06	1,12E-05	2,2E-05	110,4E-6	250,0E-6	1,2E-3	2,3E-3
1000	6,4E-06	6,4E-6	6,99E-06	6,97E-06	1,34E-05	2,4E-05	111,6E-6	251,5E-6	1,2E-3	2,3E-3
10000	6,3E-05	63,7E-6	6,56E-05	6,56E-05	7,47E-05	8,7E-05	200,5E-6	369,5E-6	1,6E-3	3,2E-3

**Matrix WM.2 Ersatzableitstromstärke**

Normalwiderstand $R_N$	1 k $\Omega$	10 k $\Omega$	100 k $\Omega$	1 M $\Omega$	10 M $\Omega$	100 M $\Omega$	1 G $\Omega$
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in $\mu A/A$						Stromstärke   $U$ in mA/A
60 V	60 mA	6 mA	600 $\mu A$	60 $\mu A$	6 $\mu A$	600 nA	60 nA
110 V	110 mA	11 mA	1,1 mA	110 $\mu A$	11 $\mu A$	1,1 $\mu A$	110 nA
230 V	230 mA	23 mA	2,3 mA	230 $\mu A$	23 $\mu A$	2,3 $\mu A$	230 nA
400 V	400 mA	40 mA	4 mA	400 $\mu A$	40 $\mu A$	4,0 $\mu A$	400 nA

**Matrix WM.3 Wechselstromwiderstand**

Spannung [V] \ Stromstärke [A]	0,001 V	0,010 V	0,010 V	0,100 V	0,100 V	1,000 V	1,000 V	10,000 V	10,000 V	100,000 V
$2,2 \cdot 10^{-3}$ A	1,57E-03	4,66E-04	4,66E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,78E-04
$22 \cdot 10^{-3}$ A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
0,22 A	1,55E-03	3,97E-04	3,97E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,89E-04
2,2 A	1,64E-03	6,78E-04	6,78E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	5,76E-04	6,21E-04

**Dimensionelle Messgrößen**
**Permanentes Laboratorium-Standort Wien**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Länge</b> Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße *	0 mm bis 500 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	$20 \mu m + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$	/: Messwert
Bügelmessschrauben *	0 mm bis 300 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	$2 \mu m + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$	

## Vor-Ort-Kalibrierung - Elektrische Messgrößen

### Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung

#### Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichspannung	0 V		35 nV	Kurzschlussbrücke
	0 V bis 1 V		$0,46 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,18 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert
	> 1 V bis 10 V		$0,18 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,67 \mu\text{V}$	
	> 10 V bis 100 V		$0,28 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \mu\text{V}$	
	> 100 V bis 1050 V		$0,24 \cdot 10^{-6} \cdot U + 64 \mu\text{V}$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 10 kV		$7,9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 17 \text{ mV}$	$U$ = Messwert
	> 10 kV bis 60 kV		$46 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,95 \text{ V}$	
Wechselspannung	2 mV bis 10 mV	10 Hz; 12,5 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu\text{V}$	$U$ = Messwert Kalibrierung am Josephson- Voltmeter.
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$28 \cdot 10^{-6} \cdot U + 23 \text{ nV}$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu\text{V}$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,12 \mu\text{V}$	
	> 10 mV bis 60 mV	10 Hz; 12,5 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,19 \mu\text{V}$	Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Lastimpedanz und die Wiederhol- barkeit noch zu berücksichtigen.
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$8,6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$9,1 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$	
	> 60 mV bis 7,2 V	10 Hz; 12,5 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,14 \mu\text{V}$	
		20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz	$2,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$	
		48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz	$4,2 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,14 \mu\text{V}$	
		625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz	$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$	
Wechselspannung	2 mV bis < 22 V	10 Hz bis 1 MHz		$U$ = Messwert
		10 Hz; 20 Hz; 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz; 300 kHz	$0,29 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,32 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,43 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	6 mV	10 Hz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		20 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung	6 mV	40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	$U$ = Messwert  Kalibrierung an AC/DC-Transfer- normal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschluss- impedanz und die Wiederholbarkeit zu berücksichtigen.
		300 kHz	$0,15 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	10 mV	10 Hz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		20 Hz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		300 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		10 Hz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
	20 mV	20 Hz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz; 200 kHz	$86 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		300 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		500 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		1 MHz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot U$	
		10 Hz	$54 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	60 mV	200 kHz; 300 kHz	$46 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$60 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$95 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 Hz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	100 mV	55 Hz; 120 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$53 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	200 mV	55 Hz; 120 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung	200 mV	400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$12 \cdot 10^{-6} \cdot U$	$U$ = Messwert  Kalibrierung an AC/DC-Transfer- normal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschluss- impedanz und die Wiederholbarkeit zu berücksichtigen.
		100 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$49 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	600 mV	10 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	1 V	10 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$7 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	2 V	10 Hz	$38 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$12 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$7 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	4 V; 6 V	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung	8 V; 10 V	10 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U$	$U$ = Messwert  Kalibrierung an AC/DC-Transfer-normal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschluss-impedanz und die Wiederholbarkeit zu berücksichtigen.
		20 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz; 100 kHz	$8 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$47 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	20 V	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$11 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz; 70 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		500 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 MHz	$49 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	12 V; 15 V; 19 V	1 kHz; 10 kHz; 100 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 22 V bis 70 V	10 Hz bis 300 kHz		
	60 V	10 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz; 40 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$9 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz; 300 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 70 V bis 110 V 100 V	10 Hz bis 200 kHz		
		10 Hz; 20 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		200 kHz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung	> 110 V bis 700 V 200 V	10 Hz bis 100 kHz		$U$ = Messwert  Kalibrierung an AC/DC-Transfer-normal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschluss-impedanz und die Wiederholbarkeit zu berücksichtigen.
		10 Hz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		20 Hz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz	$15 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;	$13 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		40 Hz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
	> 700 V bis 1000 V 1000 V	10 Hz bis 100 kHz 40 Hz	$16 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz	$14 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		50 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		70 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
		100 kHz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot U$	
Hochspannung Quellen	1 kV bis 10 kV	10 Hz bis 20 kHz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,34 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,6 \text{ V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,9 \text{ V}$	
	> 10 kV bis 40 kV	10 Hz bis 20 kHz	$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$	
		> 20 kHz bis 50 kHz	$0,43 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,1 \text{ V}$	
		> 50 kHz bis 100 kHz	$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \text{ V}$	
Messgeräte	1 kV bis 10 kV	45 Hz bis 65 Hz	$50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$	
	> 10 kV bis 30 kV		$0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Rechteckspannung	5 mV bis 220 mV	1 Hz bis 10 kHz	$10 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,36 \mu V + 6,4 \cdot 10^{-9} V/Hz \cdot f$	Abtastverfahren an 10 MΩ Last. Bereichsangabe in Spannung Spitze-Spitze. $U$ = Betragsspitze der Spannung $f$ = Frequenz Der Zusatzeinfluss abweichender Lastbedingungen (wie z. B. 50 Ω oder 1 MΩ ist zu berücksichtigen).
	> 220mV bis 2,2 V		$9,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,35 \mu V + 7,0 \cdot 10^{-9} V/Hz \cdot f$	
	> 2,2 V bis 22 V		$9,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,58 \mu V + 14 \cdot 10^{-9} V/Hz \cdot f$	
	> 22 V bis 220 V		$12 \cdot 10^{-6} \cdot U + 35 \mu V + 75 \cdot 10^{-9} V/Hz \cdot f$	
Wechselspannung Amplitudenparameter	5 mV bis 5 V	DC bis 10 MHz > 10 MHz bis 100 MHz > 100 MHz bis 300 MHz > 300 MHz bis 1 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,2 \mu V$ $37 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,5 \mu V$ $44 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,4 \mu V$ $70 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Oszilloskop als Normal $U$ = Messwert
	> 5 V bis 50 V	DC bis 2 kHz > 2 kHz bis 10 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu V$ $25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu V$	
	0 % bis 30 %	45 Hz bis 5 kHz > 5 kHz bis 30 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$ $0,8 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselspannung harmonische Oberwellen Quellen und Messgeräte	Effektivwert der Grundwelle	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $1 \text{ mV} \leq U_n \leq 200 \text{ V}$ $1 \% \leq (U_n / U_1) \leq 40 \%$ $2 \leq n \leq 100$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$		Messwert = Effektivwert der Grundwelle
	100 mV    bis    500 V		$20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ bis $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$	$U_1$ = Effektivwert der Grundwelle $U_n$ = Effektivwert der n-ten harmonischen Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$ Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.
	100 mV 200 mV 1,2 V 8 V 16 V 30 V 60 V 120 V 240 V 460 V		$26 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $25 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $25 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $30 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $30 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$ $39 \cdot 10^{-6} \cdot U_1$	
	Effektivwert der Oberwelle	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $100 \text{ mV} \leq U_1 \leq 500 \text{ V}$ $1 \% \leq (U_n / U_1) \leq 40 \%$ $2 \leq n \leq 100$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U_n$ bis $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U_n$  siehe Matrix VM.17	Messwert = Effektivwert der Oberwelle $U_1$ = Effektivwert der Grundwelle $U_n$ = Effektivwert der Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$ Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke harmonische Oberwellen Quellen und Messgeräte	100 mA bis 60 A	$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $2 \leq n \leq 100$ $I_s \leq 113 \text{ A}$	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$ bis $71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Messwert = Effektivwert der Grundwelle $I_1$ = Effektivwert der Grundwelle
	100 mA	$1 \text{ mA} \leq I_n \leq 4,8 \text{ A}$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$ $1 \% \leq I_n / I_1 \leq 30 \%$	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$I_n$ = Effektivwert der Oberwelle
	200 mA		$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$f_1$ = Frequenz der Grundwelle
	400 mA		$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$f_n$ = Frequenz der Oberwelle
	800 mA		$47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$n = f_n / f_1, n > 1$
	1,6 A		$45 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.
	4 A		$57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	$I_s$ = Spitzenwert des Stromsignals
	5 A		$57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	
	16 A		$55 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Bei Messgeräten mit angeschlossenem (Zangen-)- Stromwandler kann sich die
	30 A	$160 \text{ mA} \leq I_n \leq 18 \text{ A}$ $f_n \leq 3 \text{ kHz}$ $1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$	$71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Messunsicherheit erhöhen. Der
	60 A		$71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$	Messbereich erweitert sich auf $I_1 \leq 600 \text{ A}$ . Die Kalibrierung von Stromwandlern erfolgt im Verbund mit dem Anzeigegerät für das Sekundärsignal.

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Harmonische Oberwellen Quellen und Messgeräte		$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$ $2 \leq n \leq 100$ $I_s \leq 113 \text{ A}$		Messwert = Effektivwert der Oberwelle $I_1$ = Effektivwert der Grundwelle $I_n$ = Effektivwert der Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz der Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$
	1 mA bis 4,8 A	$100 \text{ mA} \leq I_1 \leq 16 \text{ A}$ $f_n \leq 6 \text{ kHz}$ $1 \% \leq I_n / I_1 \leq 30 \%$	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$ bis $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$  siehe Matrix VM.18	$I_1$ = Effektivwert der Grundwelle $I_n$ = Effektivwert der Oberwelle $f_1$ = Frequenz der Grundwelle $f_n$ = Frequenz der Oberwelle $n = f_n / f_1, n > 1$
	160 mA bis 18 A	$16 \text{ A} \leq I_1 \leq 60 \text{ A}$ $f_n \leq 3 \text{ kHz}$ $1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$	$0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$ bis $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$  siehe Matrix VM.18	Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt. $I_s$ = Spitzenwert des Stromsignals Bei Messgeräten mit angeschlossenem (Zangen-)- Stromwandler kann sich die Messunsicherheit erhöhen. Der Messbereich erweitert sich auf $I_n \leq$ 200 A. Die Kalibrierung von Stromwandlern erfolgt im Verbund mit dem Anzeigegerät für das Sekundärsignal.

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Flicker Modulationstiefe Quellen	0,407 % bis 4,837 %	$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$ rechteckförmige Modulation		$\Delta U/U =$ Modulationstiefe $U =$ Effektivwert des modulierten Wechselspannung s-signals $f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannung s-signals $CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute) Es gelten die in DIN EN 61000-4- 15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \%$	$f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannung s-signals $CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute) Es gelten die in DIN EN 61000-4- 15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$CPM = 110 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$3,7 \cdot 10^{-3} \%$	
		$CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	
		$CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$ $CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$ $f = 51 \text{ Hz}; f = 61 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	
Flicker Modulationstiefe Messgeräte	0,407 % bis 4,837 %	$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$ rechteckförmige Modulation		$\Delta U/U =$ Modulationstiefe $U =$ Effektivwert des modulierten Wechselspannung s-signals $f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannung s-signals $CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute) Es gelten die in DIN EN 61000-4- 15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \%$	$f =$ Frequenz des modulierten Wechselspannung s-signals $CPM =$ Änderungen pro Minute (Changes per minute) Es gelten die in DIN EN 61000-4- 15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
		$CPM = 110 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$3,7 \cdot 10^{-3} \%$	
		$CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$12 \cdot 10^{-3} \%$	
		$CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$ $CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$	$28 \cdot 10^{-3} \%$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselspannung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Flicker Frequenz Quellen und Messgeräte	8,3 mHz bis 40 Hz	$0,407 \% \leq \Delta U/U \leq 4,837 \%$ $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$ $U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$ $f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$  rechteckförmige Modulation	$1,0 \cdot 10^{-6} \cdot f_{\text{Flicker}}$	$\Delta U/U$ = Modulationstiefe $U$ = Effektivwert des modulierten Wechselspannung s-signals $f$ = Frequenz des modulierten Wechselspannung s-signals $CPM$ = Änderungen pro Minute (Changes per minute) $f_{\text{Flicker}} = CPM / 120$ Es gelten die in DIN EN 61000-4- 15:2011, Tabelle 5, definierten Kombinationen aus $\Delta U/U$ und $CPM$ .
$P_{\text{st}}$ -Wert	nur $P_{\text{st}} = 1$		$2,5 \cdot 10^{-3}$	Wert bei $\Delta U/U$ ausgedrückt in $\Delta U/U$ rechteckförmiger Flicker
Wechselspannung Klirrfaktor $k$	0 % bis 30 %	45 Hz bis 5 kHz > 5 kHz bis 30 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$ $0,8 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$	Werte ausgedrückt in % Klirren

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

Matrix VM.17 – Relative Messunsicherheit des Effektivwerts  $U_n$  der Oberwelle bei der Frequenz  $f_1 = 50$  Hz in mV/V

$U_1 / V$	$U_n / V$	$n$													
		2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,10	0,001	1,1	1,1	0,57	0,57	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
0,10	0,01	0,17	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,20	0,025	0,17	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
1,2	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
8,0	1,0	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
16	4,5	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
30	9,0	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
60	18	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
120	36	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
240	72	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
460	130	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Matrix VM.18 – Relative Messunsicherheit des Effektivwerts  $I_n$  der Oberwelle bei der Frequenz  $f_1 = 50$  Hz in mA/A

$I_1 / A$	$I_n / A$	$n$													
		2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,01	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,2	0,025	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,4	0,05	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,8	0,1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
1,6	0,016	0,46	0,46	0,46	0,46	0,32	0,28	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22
1,6	0,2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
4	0,5	0,25	0,25	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
8	1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
16	2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
30	8	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	-	-	-	-
60	15	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	-	-	-	-

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromstärke**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromstärke	0 pA bis 10 nA	$T = (23 \pm 2) ^\circ\text{C}$	0,85 fA bis 51 fA	I = Messwert
	0 pA		12 fA	
	1 pA		$0,85 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	10 pA		$0,53 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
	100 pA		$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 nA		$10 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	10 nA		$5,1 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	> 10 nA bis 100 nA		$4,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 10 \text{ fA}$	
	> 100 nA bis < 1 $\mu\text{A}$		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,21 \text{ pA}$	
	1 $\mu\text{A}$ bis 10 $\mu\text{A}$		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,19 \text{ pA}$	
	> 10 $\mu\text{A}$ bis 20 $\mu\text{A}$		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 1,8 \text{ pA}$	
	20 $\mu\text{A}$ bis 200 $\mu\text{A}$		$1,4 \cdot 10^{-6} \cdot I + 14 \text{ pA}$	
	200 $\mu\text{A}$ bis 2 mA		$0,54 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,23 \text{ nA}$	
	2 mA bis 10 mA		$1,1 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2,4 \text{ nA}$	
	10 mA bis 50 mA		$0,90 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ nA}$	
Gleichstromstärke Quellen	50 mA bis 200 mA	$T = (23 \pm 2) ^\circ\text{C}$	$0,33 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,26 \mu\text{A}$	
	200 mA bis 1 A		$12 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 A bis 10 A		$16 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	10 A bis 100 A		$28 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A bis 300 A		$37 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
Gleichstromstärke Stromzangen und Stromzangen- wandler	0 A bis 3000 A	1 bis N Wicklungen	$\sqrt{W_{\text{in}}^2 + W_{\text{DUT}}^2} \cdot I$ jedoch nicht kleiner als $8 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 6 nA	$W_{\text{in}}$ ist die relative Unsicherheit der Stromstärke der Einfachwicklung. $W_{\text{DUT}}$ ist die relative Unsicherheit des Messobjekts im Stromfeld des stromdurchflossenen Leiters.



**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromstärke**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke	100 µA bis 100 A	10 Hz bis 10 kHz	4,4 nA bis 6,5 mA	
	100 µA	10 Hz; 20 Hz	$76 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$44 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$47 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	200 µA	10 Hz; 20 Hz	$68 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	0,5 mA	10 Hz; 20 Hz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz	$28 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	1 mA	10 Hz	$33 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot I$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromstärke**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke	2 mA	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	$I$ = Messwert $f$ = Frequenz
		20 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	5 mA	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz; 40 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	10 mA	10 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	20 mA	10 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	50 mA	10 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz; 40 Hz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$17 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 mA	10 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz; 40 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		1 kHz; 10 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	200 mA	10 Hz	$27 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz; 40 Hz	$24 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		10 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	500 mA	10 Hz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot I$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromstärke**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke	1 A	10 Hz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	I = Messwert f = Frequenz
		20 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	2 A	10 Hz; 20 Hz	$40 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	5 A; 10 A	10 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		20 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$32 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	20 A	10 Hz; 20 Hz	$57 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$53 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	50 A	10 Hz; 20 Hz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$59 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		1 kHz; 10 kHz	$68 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A	10 Hz; 20 Hz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
		1 kHz; 10 kHz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot I$	
	100 A bis 200 A	QMH Kap. VIb.1.1 Vers. 5.0	12 mA bis 24 mA	
		10 Hz bis 10 kHz	$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot I$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromstärke**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromstärke Quellen	200 A bis 300 A	10 Hz bis 1 kHz	$0,30 \cdot 10^{-3} \cdot I - 0,53 \text{ mA}$	$I$ = Messwert $f$ = Frequenz
	300 A bis 495 A	10 Hz bis 65 Hz	$0,48 \cdot 10^{-3} \cdot I + 11 \text{ mA}$	
		65 Hz bis 100 Hz	$0,49 \cdot 10^{-3} \cdot I + 11 \text{ mA}$	
		100 Hz bis 400 Hz	$0,74 \cdot 10^{-3} \cdot I + 7,7 \text{ mA}$	
		400 Hz bis 1 kHz	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4,0 \text{ mA}$	
Stromzangen und Stromzangen- wandler	10 $\mu$ A bis 2400 A	1 bis $N$ Wicklungen 10 Hz bis 1 kHz > 1 kHz bis 10 kHz/ $N$	$\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot I$ jedoch nicht kleiner als $90 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 8 nA	$W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Stromstärke der Einfachwicklung. $W_{DUT}$ ist die relative Unsicherheit des Messobjekts im Streu Feld des stromdurchflossenen Leiters.
Ersatzableitstrom- stärke $I$	0,2 $\mu$ A bis 200 mA	an $R_N$ bis 1 G $\Omega$	$10 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$ siehe Matrix VM.1	Gesamtunsicher- heit $U$ ist abhängig von der rel. Unsicherheit $U(R_N)/R_N$ des Kalibrierwiderstandes $R_N$
Ladung $Q$	20 pC bis 200 pC		$0,50 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,025 \text{ pC}$	rechteckförmige Stromimpulse $\geq 1 \text{ s}$ , Dauer $t$ und Anstiegszeiten $\leq 10 \mu\text{s}$ als Produkt $Q = I \cdot t$ ; Gesamtunsicherheit errechnet aus der rel. Unsicherheit $W(lin)$ der Kalibrierstrom- stärke.
	> 200 pC bis 2 nC		$0,33 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,05 \text{ pC}$	
	> 2 nC bis 11 C		$60 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 0,5 \text{ pC}$	

Matrix VM.1 „Ersatzableitstromstärke, vor-Ort-Kalibrierung“

Normalwiderstand $R_N$	1 k $\Omega$		10 k $\Omega$		100 k $\Omega$		1 M $\Omega$		10 M $\Omega$		100 M $\Omega$		1 G $\Omega$	
Nominalspannung	Stromstärke   erweiterte Messunsicherheit $U$ in $\mu$ A/A										Stromstärke   $U$ in mA/A			
60 V	60 mA	10	6 mA	10	600 $\mu$ A	13	60 $\mu$ A	19	6 $\mu$ A	70	600 nA	0,6	60 nA	5,8
110 V	110 mA		11 mA		1,1 mA		110 $\mu$ A		11 $\mu$ A		1,1 $\mu$ A		110 nA	
230 V	230 mA		23 mA		2,3 mA		230 $\mu$ A		23 $\mu$ A		2,3 $\mu$ A		230 nA	
400 V	400 mA		40 mA		4 mA		400 $\mu$ A		40 $\mu$ A		4,0 $\mu$ A		400 nA	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromwiderstand**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromwiderstand	0 Ω	2-Draht-Kurzschluss	0,5 mΩ	R = Messwert  Kalibrierung von Messgeräten an den Nennwerten der Normale
		4-Draht-Kurzschluss	0,35 μΩ	
	10 μΩ bis < 1 GΩ	$T = (23 \pm 2) ^\circ\text{C}$	1,6 nΩ bis 110 Ω	
	10 μΩ 100 μΩ 1 mΩ 10 mΩ 100 mΩ 1 Ω; 10 Ω; 100 Ω; 1 kΩ; 10 kΩ 100 kΩ; 1 MΩ; 10 MΩ; 100 MΩ	$I = 100\text{ A}$ $I = 50\text{ A}$ $I = 10\text{ A}$	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $34 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $23 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $5,6 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,43 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1,0 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,60 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,57 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1,4 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1,5 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $4,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $11,2 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 GΩ bis 120 TΩ 1 GΩ; 10 GΩ; 100 GΩ; 1 TΩ	Messspannung 100 V oder 1000 V	88 kΩ bis 240 MΩ $88 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $0,24 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 1 TΩ bis 120 TΩ 10 TΩ; 100 TΩ	Messspannung 1000 V	0,48 GΩ bis 187 GΩ $0,48 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $1,87 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	100 μΩ bis 100 Ω	$T = (23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ $100\text{ μA} \leq I \leq 100\text{ A}$ 10 Hz bis 10 kHz	13 nΩ bis 1,7 mΩ	R = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz
	100 μΩ	10 Hz; 20 Hz	$0,17 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
		1 kHz; 10 kHz	$0,15 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	1 mΩ	10 Hz	$65 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$63 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$58 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$61 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$64 \cdot 10^{-6} \cdot R$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromwiderstand**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	10 mΩ	10 Hz	$46 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz
		20 Hz	$43 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$37 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz; 10 kHz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	20 mΩ	10 Hz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 Hz	$45 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	50 mΩ	20 Hz	$42 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; kHz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 Hz	$39 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 mΩ; 200 mΩ	20 Hz	$35 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	0,5 Ω	10 Hz	$36 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	1 Ω	10 Hz	$34 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	2 Ω; 5 Ω	10 Hz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	10 Ω	10 Hz	$30 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$26 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$23 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	20 Ω	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		20 Hz; 40 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$22 \cdot 10^{-6} \cdot R$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromwiderstand**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	50 Ω	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz
		20 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$21 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	100 Ω	10 Hz	$29 \cdot 10^{-6} \cdot R$	$R$ = Messwert $I$ = Stromstärke $f$ = Frequenz
		20 Hz	$25 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		40 Hz; 55 Hz	$19 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		120 Hz; 400 Hz	$18 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		500 Hz	$20 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		1 kHz	$31 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
		10 kHz	$75 \cdot 10^{-6} \cdot R$	
	100 μΩ bis 10 kΩ	10 Hz bis 10 kHz	$\sqrt{U_i^2 + U_U^2} \cdot R$	$R$ = Messwert Konstantstrom- verfahren $U_i$ ist die relative Unsicherheit der Kalibrierstromstärke $U_U$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Spannung am Widerstand
	0 Ω bis 10 kΩ	20 Hz bis 50 Hz	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3,1 \text{ m}\Omega$	$R$ = Messwert Direktmessverfahren
	> 10 kΩ bis 110 MΩ		$2,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 Ω bis 20 kΩ	> 50 Hz bis 100 Hz	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2,6 \text{ m}\Omega$	
	> 20 kΩ bis 110 MΩ		$2,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 Ω bis 50 kΩ	> 100 Hz bis 1 kHz	$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,3 \text{ m}\Omega$	
	> 50 kΩ bis 110 MΩ		$1,1 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 Ω bis < 50 Ω	> 1 kHz bis 30 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \text{ m}\Omega$	
	50 Ω bis 20 kΩ		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 20 kΩ bis 110 MΩ		$1,1 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 0,79 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 Ω bis 20 Ω	> 30 kHz bis 100 kHz	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \text{ m}\Omega$	
	> 20 Ω bis 20 kΩ		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Gleich- und Wechselstromwiderstand**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstromwiderstand (Betrag der Impedanz)	> 20 kΩ bis 110 MΩ	> 100 kHz bis 300 kHz	$1,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot R$	$R$ = Messwert Direktmessverfahren
	0 Ω bis 100 Ω		$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2,2 \text{ m}\Omega$	
	> 100 Ω bis 2 kΩ		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 2 kΩ bis 110 MΩ		$4,5 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	0 Ω bis 50 Ω	> 300 kHz bis 1 MHz	$1,3 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3,2 \text{ m}\Omega$	
	> 50 Ω bis 2 kΩ		$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
	> 2 kΩ bis 22 MΩ		$15 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R$	
Energie E Defibrillatortester	5 J bis 150 J		$2,3 \cdot 10^{-3} \cdot E + 49 \text{ mJ}$	$E$ = Energie Monophasisch oder Biphasisch
	> 150 J bis 360 J		$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot E + 0,27 \text{ J}$	
Spannungsverhältnis Brückennormale und Messgeräte	0 mV/V bis 100 mV/V	Gleichspannung Brückenspannung: 1 V bis 10 V	0,1 μV/V bis 1,6 μV/V siehe Matrix VM.2	

**Matrix VM.2 „Spannungsverhältnis“**

Brückenspannung Messwert	10 V	5 V	2 V	1 V
0 mV/V	0,10 μV/V	0,10 μV/V	0,17 μV/V	0,35 μV/V
± 2 mV/V	0,10 μV/V	0,11 μV/V	0,26 μV/V	0,51 μV/V
± 5 mV/V	0,10 μV/V	0,13 μV/V	0,27 μV/V	0,52 μV/V
± 10 mV/V	0,10 μV/V	0,16 μV/V	0,31 μV/V	0,56 μV/V
± 20 mV/V	0,16 μV/V	0,20 μV/V	0,38 μV/V	0,66 μV/V
± 50 mV/V	0,35 μV/V	0,39 μV/V	0,58 μV/V	1 μV/V
± 100 mV/V	0,65 μV/V	0,73 μV/V	1,0 μV/V	1,6 μV/V



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Elektrische Leistung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Gleichstromleistung	0 W bis 110 kW	0 mV bis 1100 V 0 µA bis 100 A	$\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$ jedoch nicht kleiner als $44 \cdot 10^{-6} \cdot P + 5 \text{ fW}$	$P$ = Messwert
Leistungsfaktor Quellen, Messgeräte	0 bis 1	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$	$6,8 \cdot 10^{-12}$ bis $2,1 \cdot 10^{-3}$	$PF = \cos(\Delta\varphi)$ = Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I$ = Phasenwinkel $U$ = Effektivwert der Wechselspannung $I$ = Effektivwert der Wechselstromstärke  Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.
		Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $100 \text{ A} \leq I \leq 1 \text{ kA}$	$7,8 \cdot 10^{-9}$ bis $1,5 \cdot 10^{-4}$	Siehe auch Matrizen VM.21 bis VM.25

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Elektrische Leistung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstrom- wirkleistung Quellen, Messgeräte	0 W bis 100 kW	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$ $0 \leq PF \leq 1$	7,5 pW bis 210 W	$P(U; I; PF)$ $= U \cdot I \cdot PF =$ Wechselstrom- wirkleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel
	0 W bis 1 MW	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $100 \text{ A} < I \leq 1 \text{ kA}$ $0 \leq PF \leq 1$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot P$ nicht kleiner als 2 µW  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot P$ nicht kleiner als 2 µW	$U$ = Effektivwert der Wechselspannung $I$ = Effektivwert der Wechselstromstärke  Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen VM.26 bis VM.35
Wechselstrom- blindleistung Quellen, Messgeräte	-100 kvar bis 100 kvar	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$ $0 \leq PF \leq 1$	7,5 pvar bis 210 var	$Q = U \cdot I \cdot \sin(\Delta\varphi) =$ Wechselstrom- blindleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $U$ = Effektivwert der Wechselspannung $I$ = Effektivwert der Wechselstromstärke
	-1 Mvar bis 1 Mvar	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{1)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{1)}$ $100 \text{ A} < I \leq 1 \text{ kA}$ $0 \leq PF \leq 1$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot Q$ nicht kleiner als 2 µvar  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot Q$ nicht kleiner als 2 µvar	Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen VM.26 bis VM.35

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Elektrische Leistung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Wechselstrom- scheinleistung Quellen, Messgeräte	0 VA bis 100 kVA	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}^{i)}$ $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{i)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 100 \text{ A}$	59 pVA bis 7,6 VA	$S = U \cdot I$ $= P(U; I; PF = 1) =$ Wechselstrom- scheinleistung $PF = \cos(\Delta\varphi) =$ Leistungsfaktor $\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel $U =$ Effektivwert der Wechselspannung $I =$ Effektivwert der Wechselstromstärke $P =$ Wechselstrom- wirkleistung
	0 VA bis 1 MVA	Zusätzlicher Bereich für Messgeräte mit Stromzange/Strom- wandler:  $1 \text{ mV} \leq U \leq 1 \text{ kV}^{i)}$ $10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}^{i)}$ $1 \text{ mA} \leq I \leq 1 \text{ kA}$	Stromwandler: $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot S$  Stromzangen: $4,6 \cdot 10^{-3} \cdot S$	Die Messunsicher- heiten gelten für sinusförmige Signale.  Siehe auch Matrizen VM.26 bis VM.35 für $PF = 1$

Matrix VM.21: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**  
bei der Kalibrierung von **Quellen** im Bereich **2 A < I ≤ 20 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

$f$ (Hz)	<b>PF</b>						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
<b>10</b>	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-12}$
<b>45</b>	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$7,9 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-11}$
<b>111</b>	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-10}$
<b>1000</b>	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$
<b>10000</b>	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$

Matrix VM.22: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**  
bei der Kalibrierung von **Quellen** im Bereich **20 A < I ≤ 100 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

$f$ (Hz)	<b>PF</b>						
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1
<b>10</b>	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$8,4 \cdot 10^{-12}$
<b>45</b>	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$9,2 \cdot 10^{-11}$
<b>111</b>	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
<b>1000</b>	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$
<b>10000</b>	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$

Matrix VM.23: Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**

Gültig ab: 04.07.2025  
Ausstellungsdatum: 04.07.2025

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

bei der Kalibrierung von **Messgeräten** im Bereich **2 A < I ≤ 20 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	<b>PF</b>						
<b>f (Hz)</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
<b>10</b>	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-12}$
<b>45</b>	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$7,6 \cdot 10^{-11}$
<b>111</b>	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-10}$
<b>1000</b>	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$
<b>10000</b>	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$

**Matrix VM.24:** Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**

bei der Kalibrierung von **Messgeräten** im Bereich **20 A < I ≤ 100 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	<b>PF</b>						
<b>f (Hz)</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
<b>10</b>	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-12}$
<b>45</b>	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$9,5 \cdot 10^{-6}$	$7,1 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
<b>111</b>	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-10}$
<b>1000</b>	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$
<b>10000</b>	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$9,3 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$

**Matrix VM.25:** Absolute Messunsicherheit der Messgröße **Leistungsfaktor PF**

bei der Kalibrierung von **Messgeräten mit Stromzange/Stromwandler** im Bereich **100 A < I ≤ 1 kA & 15 mV < U ≤ 1 kV**

	<b>PF</b>						
<b>f (Hz)</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
<b>10 Hz bis 100 Hz</b>	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-9}$

**Matrix VM.26:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für **PF**) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ )

und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für **PF** = 1) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit **U = 2 mV** und **I = 100 μA**

	<b><math>\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}</math></b>					
<b>f (Hz)</b>	<b>0   ± 1</b>	<b>0,4   ± 0,92</b>	<b>0,6   ± 0,8</b>	<b>0,8   ± 0,6</b>	<b>0,9   ± 0,44</b>	<b>1   ± 0</b>
<b>10</b>	48 pW	54 pW	60 pW	68 pW	72 pW	77 pW
<b>1000</b>	34 pW	39 pW	44 pW	51 pW	55 pW	59 pW
<b>10000</b>	340 pW	310 pW	270 pW	210 pW	160 pW	59 pW

**Matrix VM.27:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für **PF**) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für **PF** = 1) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit **U = 2 mV** und **I = 1 mA**

	<b><math>\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}</math></b>					
<b>f (Hz)</b>	<b>0   ± 1</b>	<b>0,4   ± 0,92</b>	<b>0,6   ± 0,8</b>	<b>0,8   ± 0,6</b>	<b>0,9   ± 0,44</b>	<b>1   ± 0</b>
<b>40</b>	1,0 nW	1,0 nW	1,1 nW	1,1 nW	1,1 nW	1,2 nW
<b>1000</b>	230 pW	320 pW	400 pW	490 pW	530 pW	580 pW
<b>10000</b>	2,3 nW	2,1 nW	1,9 nW	1,5 nW	1,1 nW	580 pW

**Matrix VM.28:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

Gültig ab: 04.07.2025

Ausstellungsdatum: 04.07.2025

Seite 148 von 173

# Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 20 \text{ mV}$  und  $I = 100 \text{ }\mu\text{A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>10</b>	7,5 pW	110 pW	170 pW	230 pW	260 pW	280 pW
<b>1000</b>	340 pW	320 pW	290 pW	250 pW	230 pW	190 pW
<b>10000</b>	3,4 nW	3,1 nW	2,7 nW	2,0 nW	1,5 nW	200 pW

Matrix VM.29: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und

**Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ mV}$  und  $I = 1 \text{ mA}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	150 pW	730 pW	1,1 nW	1,4 nW	1,6 nW	1,8 nW
<b>1000</b>	2,3 nW	2,3 nW	2,2 nW	2,0 nW	1,9 nW	1,8 nW
<b>10000</b>	23 nW	21 nW	19 nW	14 nW	10 nW	1,8 nW

Matrix VM.30: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und

**Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 1 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	140 $\mu\text{W}$	250 $\mu\text{W}$	350 $\mu\text{W}$	440 $\mu\text{W}$	500 $\mu\text{W}$	550 $\mu\text{W}$
<b>1000</b>	2,1 mW	1,9 mW	1,7 mW	1,3 mW	1,0 mW	530 $\mu\text{W}$
<b>10000</b>	21 mW	19 mW	17 mW	13 mW	9,1 mW	530 $\mu\text{W}$

Matrix VM.31: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 1 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	150 $\mu\text{W}$	260 $\mu\text{W}$	350 $\mu\text{W}$	450 $\mu\text{W}$	500 $\mu\text{W}$	550 $\mu\text{W}$
<b>1000</b>	2,3 mW	2,1 mW	1,9 mW	1,5 mW	1,1 mW	530 $\mu\text{W}$
<b>10000</b>	23 mW	21 mW	19 mW	14 mW	10 mW	530 $\mu\text{W}$

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Matrix VM.32: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ )

und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 20 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	3,5 mW	9,2 mW	13 mW	17 mW	20 mW	22 mW
<b>1000</b>	65 mW	60 mW	53 mW	43 mW	34 mW	22 mW
<b>10000</b>	650 mW	590 mW	520 mW	390 mW	280 mW	22 mW

Matrix VM.33: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 20 \text{ V}$  und  $I = 20 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	3,7 mW	9,3 mW	13 mW	17 mW	20 mW	22 mW
<b>1000</b>	70 mW	65 mW	58 mW	46 mW	36 mW	22 mW
<b>10000</b>	700 mW	650 mW	560 mW	420 mW	310 mW	22 mW

Matrix VM.34: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Quellen** mit  $U = 1 \text{ kV}$  und  $I = 100 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	1,0 W	2,8 W	4,1 W	5,4 W	6,0 W	6,7 W
<b>1000</b>	20 W	19 W	17 W	14 W	11 W	7,6 W
<b>10000</b>	200 W	190 W	160 W	120 W	89 W	7,6 W

Matrix VM.35: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  (s. Werte für  $PF$ ) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$  (s. Werte für  $\sqrt{1 - PF^2}$ ) und **Wechselstromscheinleistung**  $S = U \cdot I$  (s. Werte für  $PF = 1$ ) bei der Kalibrierung von **Messgeräten** mit  $U = 1 \text{ kV}$  und  $I = 100 \text{ A}$

	$\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$					
$f \text{ (Hz)}$	$0 \mid \pm 1$	$0,4 \mid \pm 0,92$	$0,6 \mid \pm 0,8$	$0,8 \mid \pm 0,6$	$0,9 \mid \pm 0,44$	$1 \mid \pm 0$
<b>40</b>	1,1 W	2,8 W	4,1 W	5,4 W	6,0 W	6,7 W
<b>1000</b>	21 W	20 W	18 W	14 W	12 W	7,6 W
<b>10000</b>	210 W	200 W	170 W	130 W	93 W	7,6 W

<sup>1)</sup> Der angegebene Bereich gilt nur für den Fall, dass das maximale Volt-Hertz-Produkt entsprechend Abbildung Figure A aus Operators Manual Multi-Function Calibrator 5700A/5720A Series II May 1996 Rev. 2, 3/05 eingehalten wird.

### Vor-Ort-Kalibrierung- Phasenwinkel

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigem Spannungssignal und sinusförmigen Stromsignal Quellen	-180° bis 180°	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$ $1 \text{ mV} \leq U_{\text{eff.}} \leq 1 \text{ kV}$		$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel
		$100 \mu\text{A} \leq I_{\text{eff.}} \leq 10 \text{ mA}$		$I(t) =$ $\sqrt{2} I_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_I)$
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,21 m°	$U(t) =$ $\sqrt{2} U_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_U)$
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,57 m°	
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,1 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 27 \text{ ns}$	
		$10 \text{ mA} < I_{\text{eff.}} \leq 200 \text{ mA}$		$f =$ Frequenz
		$f = 40 \text{ Hz}$	0,37 m°	$I_{\text{eff.}}$ = Effektivwert des Wechselstroms
		$f = 100 \text{ Hz}$	0,72 m°	$U_{\text{eff.}}$ = Effektivwert der Wechselspannung
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 18 \text{ ns}$	
		$200 \text{ mA} < I_{\text{eff.}} \leq 2 \text{ A}$		
		$f = 40 \text{ Hz}$	0,40 m°	Messungen bei Spannungen $\leq 15 \text{ mV}$ im Frequenzbereich
		$f = 100 \text{ Hz}$	0,68 m°	10 Hz bis $< 1 \text{ kHz}$ , sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen.
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 17 \text{ ns}$	
		$2 \text{ A} < I_{\text{eff.}} \leq 20 \text{ A}$		
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,18 m°	
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,57 m°	
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,1 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 26 \text{ ns}$	
		$20 \text{ A} < I_{\text{eff.}} \leq 100 \text{ A}$		
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,20 m°	
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,65 m°	
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,4 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 32 \text{ ns}$	

**Vor-Ort-Kalibrierung- Phasenwinkel**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Phasenwinkel zwischen sinusförmigem Spannungssignal und sinusförmigen Stromsignal Messgeräte	-180° bis 180°	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$ $1 \text{ mV} \leq U_{\text{eff.}} \leq 1 \text{ kV}$		$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I =$ Phasenwinkel
		$1 \text{ mA} \leq I_{\text{eff.}} \leq 2 \text{ A}$		$I(t) =$ $\sqrt{2} I_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_I)$
		$f = 40 \text{ Hz}$	0,42 m°	
		$f = 100 \text{ Hz}$	0,76 m°	
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 19 \text{ ns}$	$U(t) =$ $\sqrt{2} U_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \varphi_U)$
		$2 \text{ A} < I_{\text{eff.}} \leq 20 \text{ A}$		
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,18 m°	$f = \text{Frequenz}$
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,60 m°	$I_{\text{eff.}} = \text{Effektivwert der}$ Wechselstromstärke
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,2 m°	$U_{\text{eff.}} = \text{Effektivwert der}$ Wechselspannung
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 28 \text{ ns}$	
		$20 \text{ A} < I_{\text{eff.}} \leq 100 \text{ A}$		
		$f = 10 \text{ Hz}$	0,21 m°	Messungen bei
		$f = 45 \text{ Hz}$	0,68 m°	Spannungen $\leq 15 \text{ mV}$
		$f = 111 \text{ Hz}$	1,4 m°	im Frequenzbereich
		$1 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$	$360^\circ \cdot f \cdot 34 \text{ ns}$	10 Hz bis $< 1 \text{ kHz}$ , sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen.



**Vor-Ort-Kalibrierung - Induktivität und Kapazität**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Induktivität	0 µH		0,03 µH	2-Draht-Kurzschluss
	0 µH bis 1,1 H	100 Hz bis 10 kHz		$L$ = Messwert  Betrag der Impedanz $50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$ . Kleinste angebbare Festwert- Messunsicherheiten bei direkter Messung oder Substitution an GR 1482 oder baugleich.
	100 µH	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,65 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,24 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,27 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 mH	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,14 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,17 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	10 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,11 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	100 mH	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot L$ $0,26 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
	1 H	100 Hz, 1 kHz	$0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$	
Kapazität	0 pF		0,2 pF	Leerlauf
	0 pF bis 10 µF	100 Hz bis 1 MHz		$C$ = Messwert  Betrag der Impedanz $1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$ . Kleinste angebbare Festwert- Messunsicherheiten bei direkter Messung oder Substitution an HP 16381A bzw. GR 1404 / 1409 oder baugleich.
	1 pF	1 kHz 10 kHz	$0,47 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,31 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 pF	1 kHz 10 kHz; 100 kHz 1 MHz	$84 \cdot 10^{-6} \cdot C$ $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 pF	1 kHz	$56 \cdot 10^{-6} \cdot C$	
	1 nF	1 kHz 100 kHz	$58 \cdot 10^{-6} \cdot C$ $0,11 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	10 nF	100 Hz 1 kHz 10 kHz	$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,14 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	100 nF	100 Hz; 1 kHz; 10 kHz	$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot C$	
	1 µF	100 Hz; 1 kHz 10 kHz	$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot C$ $0,21 \cdot 10^{-3} \cdot C$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Zeit und Frequenz**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Frequenz $f$ Messung und Synthese	0,01 Hz bis 40 GHz		$0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$	$f$ : Messwert $U_{\text{Tr}}$ : Trigger- unsicherheit
Zeitintervall $\Delta t$	0 ns bis 0,7 ms		1,3 ns	
	0 ns bis 200 s		$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$	
	1 $\mu\text{s}$ bis 100 h		$10 \cdot 10^{-9} \cdot \Delta t + 1 \mu\text{s}$	
	1 s bis 100 h		$13 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 0,82 \text{ s}$	
Gangabweichung	0 s/d bis 100 s/d		$1,3 \cdot 10^{-7} = 0,011 \text{ s/d}$	Elektronische oder mechanische Uhren
Drehzahl	0,02 $\text{s}^{-1}$ bis 3500 $\text{s}^{-1}$		$3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$	$f$ : Messwert

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenz- und Strahlungsmessgrößen**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Oszilloskope vertikal	1 mV bis 5 V 5 mV bis 200 V	DC bis 10 kHz	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$	$U$ : Messwert 50 $\Omega$ 1 M $\Omega$
Oszilloskop horizontal	25 ps bis 40 s		$0,12 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,1 \text{ ps}$	$T$ : Messwert
Bandbreite $f$ (Frequenzgang)	40 Hz bis 6 GHz		$6,3 \cdot 10^{-3} \cdot f^2/\text{GHz}$ $+ 20 \cdot 10^{-3} \cdot f$	$f$ = Messwert
	> 6 GHz bis 40 GHz		$75 \cdot 10^{-3} \cdot f$	
Anstiegszeit	30 ps bis 45 ps > 45 ps bis 1 ms	0,1 V bis 3 V	5 ps $10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$	Fluke 9500/9550
	70 ps bis 85 ps > 85 ps bis 310 ps > 310 ps bis 650 ps > 650 ps bis 1 ms	0,1 V bis 3 V	$78 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $67 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $58 \cdot 10^{-3} \cdot T$ $56 \cdot 10^{-3} \cdot T$	errechnet aus der 3 dB Bandbreite $T$ : Messwert
Frequenz $f$ Zeitbasis	10 MHz		$0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$	
Burst-Generator Ausgangsspannung Spitzenwert $U_s$	100 V bis 4 kV	unter 50 $\Omega$ oder 1 k $\Omega$ Last	$48 \cdot 10^{-3} \cdot U_s$	
Anstiegszeit und Impulsdauer $T_r$	3 ns bis 1 $\mu\text{s}$		$41 \cdot 10^{-3} \cdot T_r$	
Burstdauer und Burstperiode $T$	10 $\mu\text{s}$ bis 1 s		$5 \cdot 10^{-3} \cdot T$	
Impulsfrequenz $f$	100 Hz bis 500 kHz		$1 \cdot 10^{-3} \cdot f$	
Stoßspannungs- generator				
Stirnzeit $t_{r,Us}$ der Leerlaufspannung	15 ns bis 100 ms		$3 \% \cdot t_{r,Us} + 1 \text{ ns}$	
Stirnzeit $t_{r,Is}$ der Kurzschluss- stromstärke	100 ns bis 100 ms		$3 \% \cdot t_{r,Is} + 2 \text{ ns}$	
Rückenhalfwertszeit $t_H$ der Kurvenform	0,5 $\mu\text{s}$ bis 100 ms		$5 \% \cdot t_H$	
Scheitelwert der Leerlaufspannung $U_s$	0,1 kV bis 7 kV		$3,3 \% \cdot U_s$	
Scheitelwert der Kurzschluss- stromstärke $I_s$	10 A bis 5 kA		$3,5 \% \cdot I_s$	
	> 5 kA bis 10 kA		$3,8 \% \cdot I_s$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Pulsförmige Messgrößen *		EN 55016-1-1:2015		
Messempfänger				
Anzeigeverhalten bei	9 kHz bis 150 kHz		0,35 dB	Band A
Impulsen	> 150 kHz bis 30 MHz			Band B
Amplituden- beziehung	> 30 MHz bis 300 MHz		0,40 dB	Band C
(absolute Kalibrierung)	> 300 MHz bis 1 GHz			Band D
Änderung der	Pulswiederholfrequenz		0,30 dB	
Anzeige	0,1 Hz bis 2 kHz			Band A
mit der Pulsfrequenz	0,1 Hz bis 50 kHz		0,35 dB	Band B
(relative Kalibrierung)	0,1 Hz bis 1 MHz			Band C und Band D

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					Bemerkungen
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren		Erweiterte Messunsicherheit	
HF-Leistung Eingangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Leistungs- Messgeräten	10 fW bis < 100 fW	DC	bis 2 GHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *) bis 18 GHz PC-3,5 mm *) bis 33 GHz PC-2,92 mm *) bis 40 GHz
		> 2 GHz	bis < 5 GHz	$26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		5 GHz	bis < 9 GHz	$34 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		9 GHz	bis < 12 GHz	$40 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		12 GHz	bis 15 GHz	$48 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 15 GHz	bis 18 GHz	$54 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	100 fW bis 1 pW	DC	bis 100 MHz	$18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.  P = Messwert (W)
		> 100 MHz	bis 2 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz	bis 8 GHz	$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz	bis 12 GHz	$24 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz	bis 40 GHz	$29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 1 pW bis 10 pW	DC	bis 100 MHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz	bis 2 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz	bis 8 GHz	$18 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz	bis 12 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz	bis 26,5 GHz	$26 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 26,5 GHz	bis 40 GHz	$29 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 10 pW bis 1 nW	DC	bis 100 MHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 100 MHz	bis 2 GHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz	bis 8 GHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz	bis 12 GHz	$20 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz	bis 40 GHz	$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	> 1 nW bis 100 nW	DC	bis 2 GHz	$10 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz	bis 8 GHz	$12 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz	bis 12 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz	bis 40 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Leistung Eingangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Leistungs- Messgeräten	> 100 nW bis 10 µW	DC bis 100 MHz	$7,1 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *)
		> 100 MHz bis 2 GHz	$9,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 18 GHz
		> 2 GHz bis 8 GHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-3,5 mm *)
		> 8 GHz bis 12 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 33 GHz
		> 12 GHz bis 40 GHz	$15 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-2,92 mm *) bis 40 GHz
	> 10 µW bis 100 mW	DC bis 100 MHz	$6,1 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.  P = Messwert (W)
		> 100 MHz bis 2 GHz	$7,9 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 2 GHz bis 8 GHz	$9,3 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 8 GHz bis 12 GHz	$11 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 40 GHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	1 mW	50 MHz	$5 \cdot 10^{-3} \cdot P$	Substitution
	0,1 pW bis < 10 pW	50 MHz	$27 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC Typ-N *)
		10 MHz bis 2 GHz	$30 \cdot 10^{-3} \cdot P$	bis 18 GHz
		> 2 GHz bis 3 GHz	$35 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-3,5 mm *) bis 33 GHz
	10 pW bis < 1 nW	50 MHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	PC-2,92 mm *) bis 40 GHz
		10 MHz bis 2 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	*) Andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.
		> 2 GHz bis 3 GHz	$31 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	1 nW bis < 100 nW	50 MHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		10 MHz bis 2 GHz	$21 \cdot 10^{-3} \cdot P$	$f \leq 5$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,025$ 5 GHz < $f \leq 20$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,1$ 20 GHz < $f \leq 33$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,15$ 33 GHz < $f \leq 40$ GHz: $ \Gamma_G  \leq 0,3$  $f$ = Frequenz (Hz) $P$ = Messwert (W) $ \Gamma_G $ = Reflexionsfaktor des Kalibriergegen- standes
		> 2 GHz bis 4 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 4 GHz bis 12 GHz	$38 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 18 GHz	$71 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 18 GHz bis 26,5 GHz	$93 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
	100 nW bis < 1 µW	8 kHz bis < 10 MHz	$28 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		10 MHz bis 50 MHz	$13 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 50 MHz bis 4 GHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 4 GHz bis 5 GHz	$17 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 5 GHz bis 12 GHz	$25 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 12 GHz bis 20 GHz	$28 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 20 GHz bis 33 GHz	$37 \cdot 10^{-3} \cdot P$	
		> 33 GHz bis 40 GHz	$90 \cdot 10^{-3} \cdot P$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)						
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne		Messbedingungen / Verfahren		Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Leistung Ausgangsleistung und Kalibrierungsfaktor von HF-Quellen	1 μW    bis    < 10 μW	8 kHz    bis    < 10 MHz	18 · 10 <sup>-3</sup> · P		PC Typ-N *)	
		10 MHz    bis    50 MHz	13 · 10 <sup>-3</sup> · P		bis 18 GHz	
		> 50 MHz    bis    4 GHz	14 · 10 <sup>-3</sup> · P		PC-3,5 mm *)	
		> 4 GHz    bis    5 GHz	17 · 10 <sup>-3</sup> · P		bis 33 GHz	
		> 5 GHz    bis    12 GHz	21 · 10 <sup>-3</sup> · P		PC-2,92 mm *)	
		> 12 GHz    bis    20 GHz	25 · 10 <sup>-3</sup> · P		bis 40 GHz	
		> 20 GHz    bis    33 GHz	37 · 10 <sup>-3</sup> · P		*) Andere	
		> 33 GHz    bis    40 GHz	90 · 10 <sup>-3</sup> · P		Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit.	
	10 μW    bis    < 100 μW	DC    bis    < 10 MHz	9,0 · 10 <sup>-3</sup> · P		f ≤ 5 GHz:  Γ <sub>G</sub>   ≤ 0,025 5 GHz < f ≤ 20 GHz:  Γ <sub>G</sub>   ≤ 0,1 20 GHz < f ≤ 33 GHz:  Γ <sub>G</sub>   ≤ 0,15 33 GHz < f ≤ 40 GHz:  Γ <sub>G</sub>   ≤ 0,3	
		10 MHz    bis    100 MHz	10 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		>100 MHz    bis    2 GHz	12 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 2 GHz    bis    8 GHz	13 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 8 GHz    bis    10 GHz	15 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 10 GHz    bis    12 GHz	16 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 12 GHz    bis    30 GHz	20 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 30 GHz    bis    33 GHz	37 · 10 <sup>-3</sup> · P			
	100 μW    bis    0,1 W	DC    bis    < 10 MHz	5,6 · 10 <sup>-3</sup> · P		f = Frequenz (Hz) P = Messwert (W)  Γ <sub>G</sub>   = Reflexionsfaktor des Kalibriergegen- standes	
		10 MHz    bis    100 MHz	7,5 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		>100 MHz    bis    2 GHz	10 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 2 GHz    bis    8 GHz	11 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 8 GHz    bis    10 GHz	13 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 10 GHz    bis    12 GHz	15 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 12 GHz    bis    30 GHz	19 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 30 GHz    bis    33 GHz	39 · 10 <sup>-3</sup> · P			
	> 33 GHz    bis    40 GHz	53 · 10 <sup>-3</sup> · P				
	> 0,1 W    bis    1 W	DC    bis    50 MHz	11 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 50 MHz    bis    2 GHz	13 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 2 GHz    bis    4 GHz	16 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 4 GHz    bis    12 GHz	20 · 10 <sup>-3</sup> · P			
		> 12 GHz    bis    18 GHz	30 · 10 <sup>-3</sup> · P			
	> 1 W    bis    70 W	DC    bis    3 GHz	38 · 10 <sup>-3</sup> · P			
	> 70 W    bis    250 W	DC    bis    500 MHz	37 · 10 <sup>-3</sup> · P			

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Spannung $U_{HF}$ Quellen mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	2,2 $\mu$ V bis 220 $\mu$ V	DC bis 3 GHz	$W(U_{HF}) = \frac{W(P)}{2}$	$W(P)$ ist die relative Unsicherheit der gemessenen Leistung an $Z_0 = 50 \Omega$
	220 $\mu$ V bis 7 V	DC bis 18 GHz		**) )
	2,2 $\mu$ V bis 220 $\mu$ V	DC bis 3 GHz		***) )
	2,2 mV bis 2 V	DC bis 40 GHz		***) )
HF-Spannung $U_{HF}$ Messgeräte und Empfänger mit HF- Spannungsanzeige bezüglich 50 $\Omega$	0,7 $\mu$ V bis 2 V	DC bis 18 GHz	$W(U_{HF}) = \frac{W(P_{inc})}{2}$	$W(P_{inc})$ ist die relative Unsicherheit der eingestrahnten Leistung bezüglich $Z_0 = 50 \Omega$
	2,2 mV bis 2 V	DC bis 40 GHz		**) ) ***) )
HF-Leistung Rauschanzeige von Empfängern  Signalpegeldifferenz	DC bis 40 GHz		1,6 dB	Leistungen > -170 dB (1 mW) bezogen auf 1 Hz Bandbreite
	0 dBc bis 100 dBc	100 Hz bis 26,5 GHz 100 Hz bis 40 GHz	1,3 dB 2,7 dB	SNR $\geq$ 12 dB



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Bandbreite Filter	1 Hz bis 10 MHz		0,5 %	Signal zu Rausch- Abstand SNR $\geq 70$ dB
Formfaktor	> 1:1 bis 5:1 > 5:1 bis 10:1 > 10:1 bis 20:1		3 % 6 % 12 %	Signal zu Rausch- Abstand SNR $\geq 15$ dB
Umschaltabweichung			0,02 dB	
Anzeigelinearität	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB > 80 dB bis 100 dB > 100 dB bis 110 dB B	100 kHz bis 500 MHz	0,06 dB 0,07 dB 0,09 dB 0,1 dB 0,2 dB	SNR $\geq 50$ dB $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $f \leq 500$ MHz
Eingangsabschwächer oder ZF-Verstärker	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB > 80 dB bis 100 dB > 100 dB bis 110 dB B	100 kHz bis 500 MHz	0,06 dB 0,07 dB 0,09 dB 0,1 dB 0,2 dB	Vergleich mit externem Stufenabschwächer $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $f \leq 500$ MHz
	0 dB bis 30 dB > 30 dB bis 60 dB > 60 dB bis 80 dB	100 kHz bis 500 MHz	0,04 dB 0,06 dB 0,08 dB	stufenweiser Anzeigevergleich SNR $\geq 50$ dB, Empfängerlinearität < (0,01 dB + 0,005 dB/10 dB)
HF-Verstärkung Verstärker	0 dB bis 70 dB	DC bis 100 MHz > 100 MHz bis 2 GHz > 2 GHz bis 4 GHz > 4 GHz bis 18 GHz	0,19 dB 0,26 dB 0,3 dB 0,5 dB	BNC-Konnektor bis max. 2 GHz N-Konnektor und BNC-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	0 dB bis 70 dB	DC bis 100 MHz > 100 MHz bis 4 GHz > 4 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	0,21 dB 0,3 dB 0,6 dB 0,7 dB	2,92 mm kompatibler Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
HF-Stromstärke Stromzangen	100 $\mu$ A bis 50 mA	40 Hz bis 10 MHz  > 10 MHz bis 30 MHz  > 30 MHz bis 65 MHz	$14 \cdot 10^{-3} \cdot I$  $18 \cdot 10^{-3} \cdot I$  $20 \cdot 10^{-6} f^2 \cdot I$	Tektronix 015-0601- 50. Im Verbund mit Oszilloskop I: Messwert f: Frequenz in MHz
Nicht-Linearität von HF-Leistungs- messgeräten	10 nW bis 1 W	50 MHz	$5,5 \cdot 10^{-3}$ (0,024 dB)	R&S NRVC-B2 60 dB max.

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Reflexionsfaktor * Betrag $ \Gamma $	0 bis 1	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,003 bis 0,013  Siehe Matrix VM.3	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
	0 bis 1	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,003 bis 0,016  Siehe Matrix VM.4	3,5 mm Konnektor  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
	0 bis 1	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,004 bis 0,017  Siehe Matrix VM.5	2,92 mm Konnektor  Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors
HF-Reflexionsfaktor * Phasenwinkel $\varphi$	-180° bis +180°	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,2° bis 4,7°  Siehe Matrix VM.6	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	-180° bis +180°	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,3° bis 5,8°  Siehe Matrix VM.7	3,5 mm Konnektor
	-180° bis +180°	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,3° bis 6,3°  Siehe Matrix VM.8	2,92 mm Konnektor
HF-Dämpfung Dämpfungsglieder	0 dB bis 30 dB	100 kHz bis 10 GHz > 10 GHz bis 18 GHz > 18 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	0,03 dB 0,05 dB 0,09 dB 0,10 dB	L ist die gemessene Dämpfung, ****) $ \Gamma_{DUT}  \leq 0,01$ $f \leq 500$ MHz $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $500 \text{ MHz} < f \leq 10 \text{ GHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,08$ $10 \text{ GHz} < f \leq 18 \text{ GHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,1$ $18 \text{ GHz} < f \leq 40 \text{ GHz}$
	> 30 dB bis 60 dB	100 kHz bis 10 GHz > 10 GHz bis 18 GHz > 18 GHz bis 26,5 GHz > 26,5 GHz bis 40 GHz	$0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,02 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,10 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$ $0,11 \text{ dB} + 0,001 \text{ dB/dB} \cdot L$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
HF-Dämpfung Dämpfungsglieder	> 60 dB bis 70 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,07 dB 0,10 dB	$ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,01$ $f \leq 500 \text{ MHz}$ $ \Gamma_{L,DUT}  \leq 0,05$ $500 \text{ MHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$
	> 70 dB bis 80 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,08 dB 0,2 dB	
	> 80 dB bis 100 dB	100 kHz bis 500 MHz > 500 MHz bis 3 GHz	0,1 dB 0,3 dB	
HF-Dämpfung *	0 dB bis 60 dB	9 kHz bis 18 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,01 dB bis 0,09 dB  Siehe Matrix VM.9	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	0 dB bis 60 dB	9 kHz bis 33 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,01 dB bis 0,22 dB  Siehe Matrix VM.10	3,5 mm Konnektor
	0 dB bis 60 dB	45 MHz bis 45 GHz  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,01 dB bis 0,32 dB  Siehe Matrix VM.11	2,92 mm Konnektor
HF-Dämpfung * Phasenwinkel $\varphi$	-180° bis +180°	9 kHz bis 18 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,2° bis 0,8°  Siehe Matrix VM.12	N-Konnektor, 50 $\Omega$ , andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit
	-180° bis +180°	9 kHz bis 33 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,2° bis 1,8°  Siehe Matrix VM.13	3,5 mm Konnektor
	-180° bis +180°	45 MHz bis 45 GHz 0 dB bis 60 dB  EURAMET cg-12 (Version 3.0)	0,2° bis 2,5°  Siehe Matrix VM.14	2,92 mm Konnektor

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Matrix VM.3 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag  $|\Gamma|$ ; N-Konnektor 50  $\Omega$ “**

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,1	0,003 bis 0,005	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,2	0,003 bis 0,005	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,3	0,003 bis 0,006	0,003 bis 0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,4	0,003 bis 0,005	0,004	0,003 bis 0,008	0,008 bis 0,009
0,5	0,003 bis 0,006	0,004	0,004 bis 0,009	0,008 bis 0,009
0,6	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,009	0,009
0,7	0,004 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,010	0,009 bis 0,010
0,8	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,010	0,010
0,9	0,004 bis 0,007	0,006	0,005 bis 0,011	0,011 bis 0,012
1	0,003 bis 0,006	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,012	0,011 bis 0,013

**Matrix VM.4 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag  $|\Gamma|$ ; 3,5 mm Konnektor“**

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0	0,003 bis 0,004	0,003	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,1	0,003 bis 0,005	0,003	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,2	0,003 bis 0,006	0,003 bis 0,004	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010
0,3	0,003 bis 0,006	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,4	0,004 bis 0,005	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,5	0,004 bis 0,006	0,004 bis 0,005	0,004 bis 0,005	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,011
0,6	0,004 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,009	0,009 bis 0,012
0,7	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,009 bis 0,013
0,8	0,004 bis 0,007	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,010 bis 0,014
0,9	0,004 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,007 bis 0,011	0,011 bis 0,015
1	0,004 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,006 bis 0,009	0,007 bis 0,012	0,011 bis 0,016

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**
**Matrix VM.5 „HF-Reflexionsfaktor, Betrag  $|\Gamma|$ ; 2,92 mm Konnektor“**

Messunsicherheit in Einheiten des Betrags des Reflexionsfaktors.

Betrag $ \Gamma $	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,1	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,2	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,3	0,004	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,4	0,004	0,004	0,004 bis 0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,011
0,5	0,004 bis 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005 bis 0,008	0,008 bis 0,010	0,010	0,010 bis 0,012
0,6	0,005	0,005	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,009	0,008 bis 0,011	0,010 bis 0,011	0,010 bis 0,012
0,7	0,005 bis 0,006	0,005	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,009	0,009 bis 0,012	0,011 bis 0,012	0,011 bis 0,013
0,8	0,005 bis 0,006	0,006	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,010	0,009 bis 0,013	0,012 bis 0,013	0,012 bis 0,014
0,9	0,005 bis 0,007	0,006 bis 0,007	0,006 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,007 bis 0,011	0,010 bis 0,014	0,013 bis 0,014	0,013 bis 0,015
1	0,005 bis 0,007	0,005 bis 0,006	0,005 bis 0,008	0,007 bis 0,008	0,006 bis 0,012	0,011 bis 0,015	0,014 bis 0,015	0,014 bis 0,017

**Matrix VM.6 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel  $\varphi$ ; N-Konnektor 50  $\Omega$ “**

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0,1	1,4° bis 2,2°	1,5° bis 1,9°	1,5° bis 4,5°	4,4° bis 4,7°
0,2	0,7° bis 1,4°	0,8° bis 1,0°	0,8° bis 2,3°	2,2° bis 2,4°
0,3	0,5° bis 1,0°	0,6° bis 0,7°	0,6° bis 1,5°	1,5° bis 1,6°
0,4	0,4° bis 0,7°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 1,2°	1,2°
0,5	0,4° bis 0,6°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 1,0°	1,0°
0,6	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,9°	0,9°
0,7	0,3° bis 0,5°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,8°
0,8	0,3° bis 0,5°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,7° bis 0,8°
0,9	0,3° bis 0,4°	0,4°	0,4° bis 0,8°	0,7° bis 0,8°
1	0,2° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°

**Matrix VM.7 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel  $\varphi$ ; 3,5 mm Konnektor“**

Betrag $ \Gamma $	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0,1	1,5° bis 2,6°	1,6° bis 1,7°	1,7° bis 2,3°	2,3° bis 2,6°	2,4° bis 4,2°	4,1° bis 5,8°
0,2	0,8° bis 1,5°	0,9°	0,9° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°	1,3° bis 2,2°	2,2° bis 3,0°
0,3	0,6° bis 1,1°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°	1,0° bis 1,6°	1,6° bis 2,1°
0,4	0,5° bis 0,8°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,8°	0,7° bis 0,9°	0,8° bis 1,3°	1,3° bis 1,7°
0,5	0,5° bis 0,7°	0,5°	0,5° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,2°	1,1° bis 1,5°
0,6	0,4° bis 0,6°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,1°	1,1° bis 1,4°
0,7	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
0,8	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
0,9	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°
1	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,5°	0,5° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	0,9° bis 1,2°

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

Matrix VM.8 „HF-Reflexionsfaktor, Phasenwinkel  $\varphi$ ; 2,92 mm Konnektor“

Betrag  Γ	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0,1	2,0° bis 2,1°	2,0°	2,0° bis 2,3°	2,2° bis 2,3°	2,2° bis 4,2°	4,2° bis 5,3°	5,3° bis 5,4°	5,3° bis 6,3°
0,2	1,0° bis 1,1°	1,0° bis 1,1°	1,0° bis 1,2°	1,2°	1,2° bis 2,2°	2,1° bis 2,7°	2,7°	2,7° bis 3,2°
0,3	0,7° bis 0,8°	0,7°	0,7° bis 0,9°	0,8° bis 0,9°	0,8° bis 1,5°	1,5° bis 1,9°	1,9°	1,9° bis 2,2°
0,4	0,6°	0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7°	0,7° bis 1,2°	1,1° bis 1,5°	1,5°	1,5° bis 1,7°
0,5	0,5° bis 0,6°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6°	0,6° bis 1,0°	1,0° bis 1,3°	1,2° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
0,6	0,4° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,2°	1,1° bis 1,3°
0,7	0,4° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,1°	1,0° bis 1,1°	1,1° bis 1,2°
0,8	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,0°	1,0°	1,0° bis 1,2°
0,9	0,3° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,5° bis 0,8°	0,8° bis 1,0°	1,0°	1,0° bis 1,2°
1	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,4°	0,3° bis 0,5°	0,5°	0,5° bis 0,8°	0,7° bis 1,0°	0,9° bis 1,0°	0,9° bis 1,2°

Matrix VM.9 „HF-Dämpfung; N-Konnektor 50 Ω“

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB
3 dB	0,04 dB bis 0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
40 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
50 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
60 dB	0,05 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB

Matrix VM.10 „HF-Dämpfung; 3,5 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB
3 dB	0,04 dB bis 0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
40 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB
50 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,10 dB
60 dB	0,05 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,19 dB	0,15 dB bis 0,22 dB

## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

### Matrix VM.11 „HF-Dämpfung; 2,92 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0 dB	0,01 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,01 dB bis 0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB	0,02 dB bis 0,04 dB	0,03 dB
3 dB	0,04 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB
6 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
10 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB
20 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB
30 dB	0,05 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB
40 dB	0,05 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,05 dB bis 0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,07 dB	0,07 dB bis 0,08 dB	0,08 dB bis 0,09 dB
50 dB	0,05 dB	0,06 dB	0,06 dB	0,06 dB bis 0,07 dB	0,06 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,10 dB	0,09 dB bis 0,10 dB	0,10 dB bis 0,13 dB
60 dB	0,06 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,07 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,09 dB	0,08 dB bis 0,18 dB	0,15 dB bis 0,22 dB	0,17 dB bis 0,22 dB	0,20 dB bis 0,32 dB

### Matrix VM.12 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel $\varphi$ ; N-Konnektor 50 $\Omega$ “

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
50 dB	0,4°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°
60 dB	0,4° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°

### Matrix VM.13 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel $\varphi$ ; 3,5 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	9 kHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°
50 dB	0,4° bis 0,5°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°
60 dB	0,4° bis 0,6°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,5°	1,3° bis 1,8°

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

Matrix VM.14 „HF-Dämpfung; Phasenwinkel  $\varphi$ ; 2,92 mm Konnektor“

Absolute Dämpfung	45 MHz bis 1 GHz	1 GHz bis 3 GHz	3 GHz bis 12 GHz	12 GHz bis 18 GHz	18 GHz bis 26,5 GHz	26,5 GHz bis 33 GHz	33 GHz bis 40 GHz	40 GHz bis 45 GHz
0 dB	0,2°	0,2°	0,2° bis 0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,9°	0,9° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°
3 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
6 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
10 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
20 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
30 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,9°	0,9° bis 1,1°	1,1° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
40 dB	0,4°	0,4°	0,4° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,3°	1,3° bis 1,5°
50 dB	0,4°	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 1,0°	1,0° bis 1,2°	1,2° bis 1,4°	1,4° bis 1,7°
60 dB	0,4° bis 0,5°	0,5° bis 0,6°	0,6° bis 0,7°	0,7° bis 0,8°	0,8° bis 1,5°	1,3° bis 1,8°	1,6° bis 1,9°	1,8° bis 2,5°



**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Radiometrie**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
optische Strahlungsleistung faseroptische Leistungsmessgeräte	1 $\mu$ W bis 0,5 mW	1310 nm, 1550 nm	1,3 %	Konnektor FC, ST, SC, SMA, HMS-10 oder adaptierbar. Abweichende Wellenlängen (780 nm, 635 nm, 1625 nm) interpoliert
		850 nm	2,2 %	
		654 nm	2,2 %	
Nichtlinearität faseroptischer Strahlungsempfänger	10 nW bis 160 $\mu$ W	Wellenlängen: 1310 nm, 1550 nm, 850 nm	$1,8 \cdot 10^{-3}$ (0,008 dB)	Additionsmethode
	0,1 nW bis < 0,32 nW		$20 \cdot 10^{-3}$ (0,085 dB)	Vergleichsmethode
	0,32 nW bis < 3,2 nW		$7,1 \cdot 10^{-3}$ (0,031 dB)	
	3,2 nW bis 0,5 $\mu$ W		$6,0 \cdot 10^{-3}$ (0,026 dB)	
Dämpfung oder Verstärkung faseroptischer Komponenten	0 dB bis 50 dB	Wellenlängen: 1310 nm, 1550 nm, 850 nm	$6,0 \cdot 10^{-3}$ (0,026 dB)	
	> 50 dB bis 60 dB		$7,1 \cdot 10^{-3}$ (0,031 dB)	
	> 60 dB bis 70 dB		$20 \cdot 10^{-3}$ (0,085 dB)	
Zentralwellenlänge $\lambda$	350 nm bis < 700 nm	Referenzleistung: ca. 0,5 mW	0,5 nm	
	700 nm bis < 1250 nm		2,5 $\mu$ m	
	1250 nm bis 1700 nm		2 $\mu$ m	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Photometrie**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Transmissionsfilter Transmission $T$	16 % bis 60 %	QMH Kapitel XXXIV v4.0 Nennwerte in den Trübungswerten der Normale	0,65 %	
	> 60 % bis 76 %		0,70 %	
	> 76 % bis < 100 %		0,80 %	
Trübungsgrad $N$	> 0 % bis < 24 %		0,80 %	
	24 % bis < 40 %		0,70 %	
	40 % bis 84 %		0,65 %	
Trübungskoeffizient $k$	Messkammerlänge 0,43 m > 0 m <sup>-1</sup> bis 4,3 m <sup>-1</sup>		0,020 m <sup>-1</sup> bis 0,050 m <sup>-1</sup>	Trübungskoeffizient $k$ berechnet aus dem Trübungsgrad $N$ . Unsicherheitsintervall $U(k)$ berechnet aus dem Unsicherheitsintervall des Trübungsgrads $U(N)$ . Andere Messkammerlängen erhöhen die Messunsicherheit.

\*\*) N-Konnektor 50  $\Omega$ , andere Konnektoren und Reflexionsfaktoren erhöhen die Messunsicherheit

\*\*) 2,92 mm Konnektor;

\*\*) > 18 GHz 3,5 mm oder 2,92 mm Konnektor

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Dimensionelle Messgrößen**

**Vor-Ort-Kalibrierung - Länge**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					Bemerkungen
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne		Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	
Messschieber für Außen, Innen- u. Tiefenmaße *	0 mm	bis 1000 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1:2006	$20 \mu\text{m} + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$	l: Messwert
Bügelmessschrauben *	bis 300 mm > 300 mm	bis 1000 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 10.1:2001	$2 \mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$ $0,30 \mu\text{m} + 12 \cdot 10^{-6} \cdot l$	
Umfangsmaßbänder aus Stahl Durchmesser	150 mm > 300 mm	bis 300 mm bis 400 mm	QMH-L.VIII.2 Abschnitt 3 Version 1.0	0,71 mm 0,104 mm	Kalibrierung an den Nennwerten der Normale
Umfang	470 mm > 950 mm	bis 950 mm bis 1257 mm		0,22 mm 0,328 mm	
Zylindrische Normale Ringe * Durchmesser	1 mm	bis 90 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.1:2006 Option 3	$0,9 \mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot d$	d ist der gemessene Durchmesser
Dorne * Durchmesser	1 mm	bis 120 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.1:2006 Option 3	$0,6 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$	
Prüfstifte * Durchmesser	1 mm	bis 20 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2:2006 Option 1	$0,6 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01

**Vor-Ort-Kalibrierung - Länge**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne			Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit
Gewindelehren * (ein- und mehrgängige zylindrische Außen- und Innengewinde mit geradlinigen Flanken, symmetrischem Profil, Nennsteigung und Nennprofilwinkel) Außengewinde Einfacher Flankendurchmesser	1 mm	bis	120 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.8:2006 Option 1 Dreidrahtmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	$2,9 \mu\text{m} + 7,7 \cdot 10^{-6} \cdot d$
	3 mm	bis	90 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9:2006 Option 1 Zweikugelmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	$2,6 \mu\text{m} + 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot d$
Innengewinde Einfacher Flankendurchmesser	3 mm	bis	90 mm	VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9:2006 Option 1 Zweikugelmethode (senkrecht zur Gewindeachse)	$2,6 \mu\text{m} + 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot d$
Längenmessmittel Prüflehren	0 mm	bis	75 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.1 Version 1.0 Außenmessung	31 $\mu\text{m}$
	> 75 mm	bis	150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.1 Version 1.0 Außenmessung	37 $\mu\text{m}$
	0 mm	bis	150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.2 Version 1.0 Innenmessung	36 $\mu\text{m}$
	0 mm	bis	150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.3 Version 1.0 Tiefenmessung	39 $\mu\text{m}$
	0	bis	75 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.4 Version 1.0 Stufenmessung	55 $\mu\text{m}$
	> 75 mm	bis	150 mm	QMH-L.VIII.3 Abschnitt 2.4 Version 1.0 Stufenmessung	76 $\mu\text{m}$

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-01**

**Verwendete Abkürzungen:**

AA	Arbeitsanweisung (selbstentwickeltes Verfahren) der esz AG
CMC	Calibration and measurement capabilities (Kalibrier- und Messmöglichkeiten)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKD-R	Richtlinie des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD), herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
EN	Europäische Norm
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
QMH	Qualitätsmanagementhandbuch (selbstentwickeltes Verfahren) der esz AG

## Deutsche Akkreditierungsstelle

### Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

**Gültig ab: 14.04.2025**

Ausstellungsdatum: 25.06.2025

Diese Urkundenanlage ist Bestandteil der Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-00.

Inhaber der Teil-Akkreditierungsurkunde:

**esz AG calibration & metrology**  
**Max-Planck-Straße 16, 82223 Eichenau**

mit den Standorten

**esz AG calibration & metrology**  
**Max-Planck-Straße 16, 82223 Eichenau**

**esz AG calibration & metrology**  
**Nordostpark 12, 90411 Nürnberg**

**esz AG calibration & metrology**  
**Ladehofstraße 26, 93049 Regensburg**

**esz AG calibration & metrology**  
**Webereistraße 3, 48565 Steinfurt**

**esz AG calibration & metrology**  
**Lemböckgasse 49, A-1230 Wien, ÖSTERREICH**

Das Kalibrierlaboratorium erfüllt die Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018, um die in dieser Anlage aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten durchzuführen. Das Kalibrierlaboratorium erfüllt gegebenenfalls zusätzliche gesetzliche und normative Anforderungen,

*Diese Urkundenanlage gilt nur zusammen mit der schriftlich erteilten Urkunde und gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen ([www.dakks.de](http://www.dakks.de))*

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**

einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese nachfolgend ausdrücklich bestätigt werden.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Kalibrierlaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

Kalibrierungen in den Bereichen:

**Thermodynamische Messgrößen**

**Temperaturmessgrößen**

- Blockkalibratoren <sup>a)</sup>
- Direktanzeigende Thermometer <sup>a)</sup>
- Klimaschränke (Temperatur) <sup>a)</sup>
- Temperaturanzeigergeräte und -simulatoren <sup>a)</sup>
- Thermopaare, Thermoelemente <sup>a)</sup>
- Widerstandsthermometer <sup>a)</sup>

**Feuchtemessgrößen**

- Klimaschränke (Feuchte) <sup>a)</sup>
- Messgeräte für absolute Feuchte <sup>a)</sup>
- Messgeräte für relative Feuchte <sup>a)</sup>

**Mechanische Messgrößen**

- Drehmoment <sup>a)</sup>
- Druck <sup>a)</sup>
- Kraft <sup>a)</sup>
- Masse <sup>b)</sup>
- Waagen <sup>a)</sup>

**Messgeräte im Kraftfahrwesen**

- Abgasmessgeräte für Fremdzündungsmotoren <sup>b)</sup>
- Abgasmessgeräte für Kompressionszündungsmotoren <sup>a)</sup>
- Aufstellflächen für Scheinwerfer-Einstell-Prüfgeräte (ASEP) <sup>b)</sup>
- Plattenbremsprüfstände <sup>b)</sup>
- Rollenbremsprüfstände <sup>b)</sup>
- Scheinwerfer-Einstell-Prüfgeräte (SEP) <sup>b)</sup>

**Durchflussmessgrößen**

- Durchfluss von Gasen <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> auch Vor-Ort-Kalibrierung

<sup>b)</sup> nur Vor-Ort-Kalibrierung

Für die mit \*) gekennzeichneten Messgrößen/Kalibriergegenstände ist dem Kalibrierlaboratorium, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkkS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten Normen/Kalibrierrichtlinien mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet. Das Kalibrierlaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Normen/Kalibrierrichtlinien im flexiblen Akkreditierungsbereich.

## Kalibrier- und Messmöglichkeiten

<b>Standort Eichenau .....</b>	<b>4</b>
Mechanische Messgrößen – Druck .....	4
Mechanische Messgrößen – Durchflussmessgrößen .....	5
Mechanische Messgrößen – Kraft .....	5
Mechanische Messgrößen – Drehmoment .....	5
Mechanische Messgrößen – Masse .....	6
Mechanische Messgrößen – Waagen .....	7
Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen .....	8
Thermodynamische Messgrößen – Feuchtemessgrößen .....	10
<b>Standort Nürnberg .....</b>	<b>12</b>
<b>Standort Regensburg .....</b>	<b>13</b>
<b>Standort Steinfurt .....</b>	<b>14</b>
<b>Standort Wien .....</b>	<b>15</b>
<b>Vor-Ort-Kalibrierung .....</b>	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen .....	16
Thermodynamische Messgrößen – Feuchtemessgrößen .....	18
Mechanische Messgrößen – Durchflussmessgrößen .....	19
Mechanische Messgrößen – Druck .....	20
Mechanische Messgrößen – Kraft .....	21
Mechanische Messgrößen – Drehmoment .....	21
Mechanische Messgrößen – Waagen .....	21
Mechanische Messgrößen – Messgeräte im Kraftfahrwesen (MIK) .....	22
<b>Verwendete Abkürzungen: .....</b>	<b>24</b>



## Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

### Standort Eichenau

### Mechanische Messgrößen – Druck

#### Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Druck Absolutdruck $p_{abs}$ *)	> 0 bar bis 3,0 bar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 15 \mu\text{bar}$	Druckmedium: Gas  Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
	> 3,0 bar bis 21 bar		$3,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,19 \text{ mbar}$	
	> 21 bar bis 101 bar		$3,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,44 \text{ mbar} + U_{baro}$	
	> 101 bar bis 251 bar		$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar} + U_{baro}$	
Absolutdruck $p_{abs}$	900 mbar bis 1000 mbar	esz QMH XXIII.4.2 v5.0	$2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 15 \mu\text{bar}$	Referenzwert: ( $p_{abs} = p_{amb}$ )  Einpunktmessung bei aktuellem Umgebungsdruck
Absolutdruck $p_{abs}$ *)	1 bar; 2 bar bis 71 bar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$7,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,36 \text{ mbar} + U_{baro}$	Referenzwert ( $p_{abs} = p_{amb}$ )  Druckmedium: Öl
	> 71 bar bis 701 bar		$8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,72 \text{ mbar} + U_{baro}$	Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
Absolutdruck $p_{abs}$ *)	> 0 bar bis 301 bar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar} + U_{baro}$	Druckmedium: Wasser  Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
	> 301 bar bis 1001 bar		$7,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 40 \text{ mbar} + U_{baro}$	
Positiver und negativer Überdruck $p_e$ *)	-200 mbar bis 200 mbar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_e = p_{abs} - p_{amb}$	25 $\mu\text{bar}$	Druckmedium: Gas  Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
	> -1 bar bis 2 bar		$2,3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 55 \mu\text{bar} + U_{baro}$	
	> 2 bar bis 20 bar		$3,7 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,19 \text{ mbar} + U_{baro}$	
	> 20 bar bis 100 bar		$3,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,44 \text{ mbar}$	
	> 100 bar bis 150 bar		$9 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 23 \text{ mbar}$	
	> 150 bar bis 250 bar		$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 30 \text{ mbar}$	
Überdruck $p_e$ *)	0 bar; 1 bar bis 70 bar	DKD-R 6-1:2014	$7,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,36 \text{ mbar}$	Referenzwert ( $p_e = 0 \text{ bar}$ )
	> 70 bar bis 700 bar		$8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,72 \text{ mbar}$	Druckmedium: Öl
Überdruck $p_e$ *)	> 0 bar bis 300 bar	DKD-R 6-1:2014	$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar}$	Druckmedium: Wasser
	> 300 bar bis 1001 bar		$7,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 40 \text{ mbar}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**

**Mechanische Messgrößen – Durchflussmessgrößen**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Volumendurchfluss $Q$ von strömenden Gasen Durchflussmesser oder -regler mit einer Anzeige oder Messumformer mit elektronischer Schnittstelle	5 mL/min bis 50 L/min	Volumeter als Normal	$0,3 \% \cdot Q + 0,02 \text{ mL/min}$	$Q$ = Messwert
	10 mL/min bis 200 mL/min	Laminar Flow Elemente als Normal	$0,5 \% \cdot Q + 0,02 \text{ mL/min}$	Kalibriermedium trockene Luft (rel. Feuchte < 10 %) Messbereiche bezogen auf trockene Luft von 0 °C, 1013,25 mbar
	> 0,2 L/min bis 3,2 L/min		$0,5 \% \cdot Q + 0,32 \text{ mL/min}$	
	> 3,2 L/min bis 40 L/min		$0,5 \% \cdot Q + 4 \text{ mL/min}$	
	> 40 L/min bis 620 L/min		$0,5 \% \cdot Q + 0,06 \text{ L/min}$	

**Mechanische Messgrößen – Kraft**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Kraft Messgeräte und Aufnehmer *)	50 N bis 50 kN	Zug- und Druckkraft nach DKD-R 3-3:2018	0,05 %	

**Mechanische Messgrößen – Drehmoment**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Drehmoment Handbetätigte Drehmoment - Schraubwerkzeuge *)	0,2 N·m bis < 1 N·m	DIN EN ISO 6789-2:2017	0,9 %	Drehmoment- Schraubendreher
	1 N·m bis 10 N·m		0,5 %	
	0,4 N·m bis < 4 N·m		0,7 %	Drehmomentschlüssel
	4 N·m bis 1110 N·m		0,5 %	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

**Mechanische Messgrößen – Masse**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Masse oder konventioneller Wägewert *)	10 mg	OIML R111-01:2004	0,025 mg	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse F <sub>2</sub>
	20 mg		0,03 mg	
	50 mg		0,04 mg	
	100 mg		0,016 mg	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse F <sub>1</sub>
	200 mg		0,020 mg	
	500 mg		0,025 mg	
	1 g		0,03 mg	
	2 g		0,04 mg	
	5 g		0,05 mg	
	10 g		0,06 mg	
	20 g		0,08 mg	
	50 g		0,10 mg	
	100 g		0,16 mg	
	200 g		0,3 mg	
	500 g		2,5 mg	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse F <sub>2</sub>
	1 kg		5,0 mg	
	2 kg		30 mg	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse M <sub>1</sub>
	5 kg		25 mg	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse F <sub>2</sub>
	10 kg		0,5 g	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse M <sub>2</sub>
	20 kg		0,3 g	für Gewichtsstücke nach OIML R 111-1:2004 gemäß der Klasse M <sub>1</sub>
	50 kg		0,8 g	
	10 mg bis 20 mg	OIML R111-01:2004	0,03 mg	Freie Nennwerte
	> 20 mg bis 100 mg		0,04 mg	
	> 100 mg bis 200 mg		0,02 mg	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Masse oder konventioneller Wägewert *)	> 200 mg bis 500 mg	OIML R111-01:2004	0,025 mg	Freie Nennwerte
	> 500 mg bis 1 g		0,03 mg	
	> 1 g bis 2 g		0,04 mg	
	> 2 g bis 5 g		0,05 mg	
	> 5 g bis 10 g		0,06 mg	
	> 10 g bis 20 g		0,08 mg	
	> 20 g bis 50 g		0,10 mg	
	> 50 g bis 100 g		0,16 mg	
	> 100 g bis 200 g		0,3 mg	
	> 200 g bis 500 g		2,5 mg	
	> 500 g bis 1 kg		5,0 mg	
	> 1 kg bis 2 kg		30 mg	
	> 2 kg bis 5 kg		25 mg	
	> 5 kg bis 10 kg		0,5 g	
	> 10 kg bis 20 kg		0,3 g	
	> 20 kg bis 50 kg		0,8 g	
	> 50 kg bis 65 kg		1,6 g	

**Mechanische Messgrößen – Waagen**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Waagen Nichtselbsttätige elektronische Waagen *)	≤ 50 kg	EURAMET cg-18:2015 DKD-R 7-2:2018	$1 \cdot 10^{-6}$	Mit Gewichtstücken Genauigkeitsklasse E <sub>2</sub> nach OIML R111-1:2004
	≤ 150 kg		$2 \cdot 10^{-5}$	Mit Gewichtstücken Genauigkeitsklasse F <sub>2</sub> nach OIML R111-1:2004

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen**
**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Widerstands- thermometer, direktanzeigende Thermometer mit Widerstandssensor *)	0,01 °C	DKD-R 5-12018 Wassertripelpunkt	15 mK	Kalibrierung am Temperaturfixpunkt
	-80 °C bis < -40 °C	DKD-R 5-1:2018 im Ethanolbad	45 mK	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometern
	-40 °C bis < 0 °C		25 mK	
	0 °C bis 100 °C	DKD-R 5-1:2018 im Silikonölbäd	20 mK	
	> 100 °C bis 180 °C		25 mK	
	> 180 °C bis 200 °C		35 mK	
	> 200 °C bis 300 °C		$0,23 \cdot 10^{-3} \cdot T + 5 \text{ mK}$	
	> 300 °C bis 400 °C	DKD-R 5-1:2018 im Blockkalibrator	80 mK	
	> 400 °C bis 570 °C		$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0,56 \text{ K}$	
	> 570 °C bis 700 °C		350 mK	
Nichtedelmetall- Thermoelemente, direktanzeigende Ther- mometer mit Nicht- edelmetall-Thermo- elementsensor *)	-80 °C bis < -35 °C	DKD-R 5-3:2018 im Ethanolbad	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 0,13 \text{ K}$	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	-35 °C bis < 0 °C		$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 0,09 \text{ K}$	
	0 °C bis 35 °C	DKD-R 5-3:2018 im Silikonölbäd	0,09 K	
	> 35 °C bis 300 °C		$0,5 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,072 \text{ K}$	
	> 300 °C bis 700 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,07 \text{ K}$	Vergleich mit Normal- Thermoelement
	> 700 °C bis 1210 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$	
Edelmetall- Thermoelemente, direktanzeigende Ther- mometer mit Edelmetall-Thermo- elementsensor *)	0 °C bis 35 °C	DKD-R 5-3:2018 im Silikonölbäd	0,21 K	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	> 35 °C bis 300 °C		$0,3 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,2 \text{ K}$	
	> 300 °C bis 400 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	$0,3 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,2 \text{ K}$	
	> 400 °C bis 700 °C		$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,25 \text{ K}$	
	> 700 °C bis 1210 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$	Vergleich mit Normal- Thermoelement
Blockkalibratoren *)	-80 °C bis 0 °C	DKD-R 5-4:2018	0,10 K	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	> 0 °C bis 50 °C		0,056 K	
	> 50 °C bis 700 °C		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,036 \text{ K}$	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Temperaturanzeigege- räte und -simulatoren für Widerstands- thermometer *)	–199 °C	DKD-R 5-5:2018 Artefaktkalibrierung	1,0 mK	
	0 °C		2,4 mK	
	237 °C		4,8 mK	
Pt100	–200 °C bis 800 °C	DKD-R 5-5:2018	$12 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 4 \text{ mK}$	
Pt25	–200 °C bis –150 °C		2,3 mK	
	> –150 °C bis 800 °C		$19 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 10 \text{ mK}$	
Pt500	–200 °C bis 300 °C		$13 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,5 \text{ mK}$	
	> 300 °C bis 800 °C		$18 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 5,4 \text{ mK}$	
Pt1000	–200 °C bis 800 °C		$17 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,8 \text{ mK}$	
für Nichtedelmetall- Thermoelemente *)	–200 °C bis < 0 °C	DKD-R 5-5:2018 ohne Vergleichs- stellenkompensation	$85 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11 \text{ mK}$	
Typ K	0 °C bis 1300 °C		$5,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^2$ $+ 0,17 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ mK}$	
	–200 °C bis < 0 °C		$61 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 8 \text{ mK}$	
Typ J	0 °C bis 1200 °C		$5,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 8 \text{ mK}$	
	–200 °C bis < 0 °C		$80 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11 \text{ mK}$	
Typ T	0 °C bis 400 °C		11 mK	
	–200 °C bis < 0 °C		$56 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 7 \text{ mK}$	
Typ E	0 °C bis 1000 °C		$4,4 \cdot 10^{-6} \cdot T + 7 \text{ mK}$	
	–200 °C bis < 0 °C		$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 16 \text{ mK}$	
	0 °C bis 1300 °C		$12 \cdot 10^{-9} \cdot T^2$ $+ 10 \cdot 10^{-6} \cdot T + 16 \text{ mK}$	
für Edelmetall- Thermoelemente *)	0 °C bis 500 °C	DKD-R 5-5:2018 ohne Vergleichs- stellenkompensation	$-64 \cdot 10^{-6} \cdot T + 75 \text{ mK}$	
Typ R, Typ S	> 500 °C bis 1768 °C		45 mK	
	0 °C bis 1200 °C		$26 \cdot T^{-0,85}$	
Typ B	> 1200 °C bis 1820 °C		60 mK	
für Thermo- elemente *)	–200 °C bis 1500 °C	DKD-R 5-5:2018 mit Vergleichs- stellenkompensation	$\sqrt{U_{TC}^2 + (0,06 \text{ K})^2}$	$U_{TC}$ = Unsicherheit des Anzeigegerätes für Thermoelemente ohne Vergleichsstellen- kompensation
Messorte in Klimaschränken mit Umluft *)	–80 °C bis 180 °C	DKD-R 5-7:2018 Methode C	0,50 K	
	> 180 °C bis 300 °C		0,70 K	
Klimaschränke mit Umluft *)	–80 °C bis 100 °C	DKD-R 5-7:2018 Methode A oder B	0,55 K	
	> 100 °C bis 180 °C		0,75 K	
	> 180 °C bis 300 °C		1,0 K	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Thermodynamische Messgrößen - Feuchtemessgrößen**
**Permanentes Kalibrierlaboratorium - Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Taupunkttemperatur Tauspiegel- hygrometer	-28 °C bis 24,8 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: 10 °C bis 25 °C relative Feuchte: 5 % bis 98 %	0,080 K	Vergleich mit Taupunktspiegel- hygrometer im Klimagenerator oder Klimaschrank
	-17 °C bis 44,8 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 25 °C bis 45 °C relative Feuchte: 5 % bis 98 %	0,10 K	
	-3 °C bis 59,8 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 45 °C bis 60 °C relative Feuchte: 5 % bis 98 %	0,15 K	
	17 °C bis 89,8 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 60 °C bis 90 °C relative Feuchte: 10 % bis 98 %	0,3 K	Vergleich mit Taupunktspiegel- hygrometer im Klimaschrank
relative Luftfeuchte Feuchtemessgeräte und Messumformer	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: 10 °C bis 25 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -28 °C bis 24,8 °C	0,25 %	Vergleich mit Taupunktspiegel im Klimagenerator oder Klimaschrank
	> 20 % bis 40 %		0,50 %	
	> 40 % bis 60 %		0,75 %	
	> 60 % bis 80 %		1,0 %	
	> 80 % bis 98 %		1,2 %	
	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 25 °C bis 45 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -17 °C bis 44,8 °C	0,65 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 20 % bis 40 %		0,90 %	
	> 40 % bis 60 %		1,2 %	
	> 60 % bis 80 %		1,4 %	
	> 80 % bis 98 %		1,6 %	
	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 45 °C bis 60 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -3 °C bis 59,8 °C	0,85 %	
	> 20 % bis 40 %		1,1 %	
	> 40 % bis 60 %		1,4 %	
	> 60 % bis 80 %		1,6 %	
	> 80 % bis 98 %		1,8 %	
	10 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 60 °C bis 90 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : 17 °C bis 89,8 °C	1,7 %	Vergleich mit Taupunktspiegel in Klimaschrank
	> 20 % bis 40 %		1,9 %	
	> 40 % bis 60 %		2,1 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 60 % bis 80 %		2,3 %	
	> 80 % bis 98 %		2,5 %	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**

**Permanentes Kalibrierlaboratorium - Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Messorte in Klimaschränken mit Umluft *)	5 % bis 30 %	DKD-R 5-7:2018 Methode C Luftstromtemperatur: 10 °C bis 90 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -28 °C bis 89,8 °C	1,0 %	Feuchte-Referenzwert wird aus Taupunkt- temperatur und Luftstrom-temperatur am Messort berechnet.
	> 30 % bis 60 %		1,5 %	
	> 60 % bis 80 %		2,0 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 80 % bis 98 %		2,5 %	
Klimaschränke mit Umluft *)	5 % bis 30 %	DKD-R 5-7:2018 Methode A oder B Luftstromtemperatur: 10 °C bis 90 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -28 °C bis 89,8 °C	1,5 %	Feuchte-Referenzwert wird aus Taupunkt- temperatur und Luftstrom-temperatur am Messort berechnet.
	> 30 % bis 60 %		2,0 %	
	> 60 % bis 80 %		2,5 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 80 % bis 98 %		3,0 %	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

Standort Nürnberg

Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Temperatur</b> Widerstandsthermo- meter, direktanzeigende Thermometer mit Widerstandssensor *)	-40 °C bis 0 °C	DKD-R 5-1:2018 im Blockkalibrator	$\left(-1,8 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063\right) \text{ K}$	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometern. t: Temperatur in °C.
	> 0 °C bis 155 °C		$\left(0,3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063\right) \text{ K}$	
<b>Drehmoment</b> Handbetätigte Drehmoment- Schraubwerkzeuge *)	0,2 N·m bis < 1 N·m	DIN EN ISO 6789-2:2017	0,9 %	Drehmoment- Schraubendreher
	1 N·m bis 10 N·m		0,5 %	
	0,4 N·m bis < 4,0 N·m		0,7 %	Drehmomentschlüssel
	4 N·m bis 1100 N·m		0,5 %	

**Standort Regensburg**

**Permanentes Laboratorium - Standort Regensburg**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Abgasmessgeräte für Kompressions- zündungsmotoren</b> Partikelanzahl- konzentration Partikelgeneratoren und -messgeräte (Aerosol)	$5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ bis $50 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$	AA0399 Version 1.0 Verkehrsblatt 2021 Heft 11, Nr. 133	20 %	Die mittlere Partikel- größe muss im Bereich von 10 nm bis 200 nm liegen.
	$> 50 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ bis $3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$		13 %	
Partikel- konzentrations- reduktionsfaktor PCRF	1:1 bis 1:30000	AA0398 Version 1.0	9 %	Die Partikelgröße muss im Bereich von 10 nm bis 200 nm liegen.
Partikelmessgeräte *)	$1000 \text{ cm}^{-3}$ bis $30.000 \text{ cm}^{-3}$	10 nm bis 200 nm ISO 27891:2015-03	11 %	

**Standort Steinfurt**

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Temperatur</b> Widerstandsthermo- meter, direktanzeigende Thermometer mit Widerstandssensor *)	–40 °C bis 0 °C	DKD-R 5-1:2018 im Blockkalibrator	$\left(-1,8 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063\right) \text{ K}$	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometern.  t: Temperatur in °C
	> 0 °C bis 155 °C		$\left(0,3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063\right) \text{ K}$	
<b>Druck</b> Absolutdruck $p_{\text{abs}}$ *)	0 bar bis 21 bar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_{\text{abs}} = p_e + p_{\text{amb}}$	$45 \cdot 10^{-6} \cdot p_{\text{abs}} + 0,6 \text{ mbar} + U_{\text{baro}}$	Druckmedium Gas  Die Messunsicherheit des Barometers $U_{\text{baro}}$ ist zu berücksichtigen
	> 21 bar bis 700 bar		$79 \cdot 10^{-3} \cdot p_{\text{abs}} + U_{\text{baro}}$	Druckmedium Wasser  Die Messunsicherheit des Barometers $U_{\text{baro}}$ ist zu berücksichtigen
negativer und positiver Überdruck $p_e$ *)	–200 mbar bis 200 mbar	DKD-R 6-1:2014	$25 \cdot 10^{-3} \text{ mbar}$	Druckmedium Gas
	–1 bar bis 2 bar		$33 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 0,25 \text{ mbar}$	
	> 2 bar bis 20 bar		$45 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 0,6 \text{ mbar}$	
	> 20 bar bis 700 bar		$79 \cdot 10^{-3} \cdot p_e$	Druckmedium Wasser

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Standort Wien**
**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Temperatur</b> Widerstandsthermo- meter, direktanzeigende Thermometer mit Widerstandssensor *)	-20 °C bis 100 °C	DKD-R 5-1:2018 im Silikonölbad	0,047 K	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometern. t: Temperatur in °C.
<b>Druck</b> Absolutdruck $p_{abs}$ *)	0 bar bis 21 bar	DKD-R 6-1:2014  Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$45 \cdot 10^{-6} \cdot p_{abs}$ + 0,46 mbar + $U_{baro}$	Druckmedium Gas Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen
	> 21 bar bis 200 bar		$2,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$ + 27 mbar + $U_{baro}$	Druckmedium Wasser Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen
	> 200 bar bis 1000 bar		$9,7 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$ + 59 mbar + $U_{baro}$	
negativer und positiver Überdruck $p_e$ *)	-400 mbar bis 400 mbar	DKD-R 6-1:2014	0,10 mbar	Druckmedium Gas
	-1 bar bis 20 bar		$45 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 0,46$ mbar	Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen
	> 20 bar bis 200 bar		$2,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_e + 27$ mbar	
	> 200 bar bis 1000 bar		$9,7 \cdot 10^{-4} \cdot p_e + 59$ mbar	Druckmedium Wasser
Volumendurchfluss $Q$ von strömenden Gasen Durchflussmesser oder -regler mit einer Anzeige oder Messum- former mit elektroni- scher Schnittstelle	0,005 L/min bis 0,03 L/min	QMH Kapitel XXV.6: Version 7	0,3 mL/min	Q = Messwert Kalibriermedium Luft (rel. Feuchte < 10 %)
	> 0,03 L/min bis 200 L/min	Laminar Flow Elemente als Normal	1 % · $Q$	Messbereiche bezogen auf trockene Luft von 0 °C, 1013,25 mbar
	> 200 L/min bis 500 L/min	MFC als Normal	$0,89 \cdot 10^{-2} \cdot Q$ + 0,52 L/min	

**Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Widerstands- thermometer, direktanzeigende Thermometer mit Widerstandssensor *)	0 °C	DKD-R 5-1:2018 Eispunkt	20 mK	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	–40 °C bis 100 °C	DKD-R 5-1:2018 im Blockkalibrator	50 mK	
	> 100 °C bis 200 °C		75 mK	
	> 200 °C bis 400 °C		80 mK	
	> 400 °C bis 570 °C		$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0,56 \text{ K}$	
	> 570 °C bis 700 °C		350 mK	
Nichtedelmetall- Thermoelemente, direktanzeigende Ther- mometer mit Nicht- edelmetall-Thermo- elementsensor *)	–40 °C bis 200 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	$0,8 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 0,1 \text{ K}$	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometern
	> 200 °C bis 400 °C		$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,08 \text{ K}$	
	> 400 °C bis 700 °C		$0,6 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,07 \text{ K}$	
	> 700 °C bis 1210 °C		$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$	Vergleich mit Normal- Thermoelement
Edelmetall- Thermoelemente, direktanzeigende Thermometer mit Edelmetall-Thermo- elementsensor *)	0 °C bis 100 °C	DKD-R 5-3:2018 im Blockkalibrator	0,22 K	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	> 100 °C bis 200 °C		0,25 K	
	> 200 °C bis 400 °C		$0,3 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,2 \text{ K}$	
	> 400 °C bis 700 °C		$0,7 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,25 \text{ K}$	
	> 700 °C bis 1210 °C		$1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$	Vergleich mit Normal- Thermoelement
Blockkalibratoren *)	–80 °C bis 0 °C	DKD-R 5-4:2018	0,10 K	Vergleich mit Normalwiderstands- thermometer
	> 0 °C bis 50 °C		0,056 K	
	> 50 °C bis 700 °C		$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,036 \text{ K}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Temperaturanzeigege- räte und -simulatoren für Widerstands- thermometer *)	–199 °C	DKD-R 5-5:2018 Artefaktkalibrierung	1,0 mK	
	0 °C		2,4 mK	
	237 °C		4,8 mK	
Pt100	–200 °C bis 800 °C	DKD-R 5-5:2018 ohne Vergleichs- stellenkompensation	$12 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 4 \text{ mK}$	
Pt25	–200 °C bis –150 °C		2,3 mK	
	> –150 °C bis 800 °C		$19 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 10 \text{ mK}$	
Pt500	–200 °C bis 300 °C		$13 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,5 \text{ mK}$	
	> 300 °C bis 800 °C		$18 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 5,4 \text{ mK}$	
Pt1000	–200 °C bis 800 °C		$17 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,8 \text{ mK}$	
für Nichtedelmetall- Thermoelemente *)	–200 °C bis < 0 °C		$85 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11 \text{ mK}$	
Typ K	0 °C bis 1300 °C		$5,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^2$ $+ 0,17 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ mK}$	
	–200 °C bis < 0 °C		$61 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 8 \text{ mK}$	
Typ J	0 °C bis 1200 °C		$5,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 8 \text{ mK}$	
Typ T	–200 °C bis < 0 °C		$80 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11 \text{ mK}$	
	0 °C bis 400 °C		11 mK	
Typ E	–200 °C bis < 0 °C		$56 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 7 \text{ mK}$	
	0 °C bis 1000 °C		$4,4 \cdot 10^{-6} \cdot T + 7 \text{ mK}$	
Typ N	–200 °C bis < 0 °C		$0,12 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 16 \text{ mK}$	
	0 °C bis 1300 °C		$12 \cdot 10^{-9} \cdot T^2$ $+ 10 \cdot 10^{-6} \cdot T + 16 \text{ mK}$	
für Edelmetall- Thermoelemente *)	0 °C bis 500 °C	DKD-R 5-5:2018 ohne Vergleichs- stellenkompensation	$-64 \cdot 10^{-6} \cdot T + 75 \text{ mK}$	
Typ R, Typ S	> 500 °C bis 1768 °C		45 mK	
	0 °C bis 1200 °C		$26 \cdot T^{-0,85}$	
Typ B	> 1200 °C bis 1820 °C		60 mK	
für Thermo- elemente *)	–200 °C bis 1500 °C	DKD-R 5-5:2018 mit Vergleichs- stellenkompensation	$\sqrt{U_{TC}^2 + (0,06 \text{ K})^2}$	$U_{TC}$ = Unsicherheit des Anzeigegeätes für Thermoelemente ohne Vergleichsstellen- kompensation
Messorte in Klimaschränken mit Umluft *)	–80 °C bis 180 °C	DKD-R 5-7:2018 Methode C	0,50 K	
	> 180 °C bis 300 °C		0,70 K	
Klimaschränke mit Umluft *)	–80 °C bis 100 °C	DKD-R 5-7:2018 Methode A oder B	0,55 K	
	> 100 °C bis 180 °C		0,75 K	
	> 180 °C bis 300 °C		1,0 K	

Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

**Thermodynamische Messgrößen – Feuchtemessgrößen**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Taupunkttemperatur Tauspiegel- hygrometer	–28 °C bis 24,5 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: 10 °C bis 25 °C relative Feuchte: 5 % bis 95 %	0,080 K	Vergleich mit Taupunktspiegel- hygrometer im Klimagenerator
	–17 °C bis 44 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 25 °C bis 45 °C relative Feuchte: 5 % bis 95 %	0,10 K	
	–3 °C bis 58 °C	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 45 °C bis 60 °C relative Feuchte: 5 % bis 90 %	0,15 K	
relative Luftfeuchte Feuchtemessgeräte und Messumformer	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: 10 °C bis 25 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : –28 °C bis 24,5 °C	0,25 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 20 % bis 40 %		0,50 %	
	> 40 % bis 60 %		0,75 %	
	> 60 % bis 80 %		1,0 %	
	> 80 % bis 95 %		1,2 %	
	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 25 °C bis 45 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : –17 °C bis 44 °C	0,65 %	Vergleich mit Taupunktspiegel im Klimagenerator
	> 20 % bis 40 %		0,90 %	
	> 40 % bis 60 %		1,2 %	
	> 60 % bis 80 %		1,4 %	
	> 80 % bis 95 %		1,6 %	
	5 % bis 20 %	QMH XIV.5 Version 7.0 Luftstromtemperatur: > 45 °C bis 60 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : –3 °C bis 58 °C	0,85 %	
	> 20 % bis 40 %		1,1 %	
	> 40 % bis 60 %		1,4 %	
	> 60 % bis 80 %		1,6 %	
	> 80 % bis 90 %		1,8 %	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Messorte in Klimaschränken mit Umluft *)	5 % bis 30 %	DKD-R 5-7:2018 Methode C Luftstromtemperatur: 10 °C bis 90 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -28 °C bis 89,8 °C	1,0 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 30 % bis 60 %		1,5 %	
	> 60 % bis 80 %		2,0 %	Feuchte-Referenzwert wird aus Taupunkt- temperatur und Luftstromtemperatur am Messort berechnet
	> 80 % bis 98 %		2,5 %	
Klimaschränke mit Umluft *)	5 % bis 30 %	DKD-R 5-7:2018 Methode A oder B Luftstromtemperatur: 10 °C bis 90 °C Taupunkttemperatur $t_d$ : -28 °C bis 89,8 °C	1,5 %	Messunsicherheit ausgedrückt als Absolutwert der relativen Feuchte
	> 30 % bis 60 %		2,0 %	
	> 60 % bis 80 %		2,5 %	Feuchte-Referenzwert wird aus Taupunkt- temperatur und Luftstromtemperatur am Messort berechnet
	> 80 % bis 98 %		3,0 %	

**Mechanische Messgrößen – Durchflussmessgrößen**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Volumendurchfluss $Q$ von strömenden Gasen Durchflussmesser oder -regler mit einer Anzeige oder Messumformer mit elektronischer Schnittstelle	0,005 L/min bis 0,03 L/min	Laminar Flow Elemente als Normal	0,3 mL/min	$Q$ = Messwert Kalibriermedium trockene Luft (rel. Feuchte < 10 %) Messbereiche bezogen auf trockene Luft von 0 °C, 1013,25 mbar
	> 0,03 L/min bis 200 L/min		$1 \cdot 10^{-2} \cdot Q$	
	> 200 L/min bis 500 L/min	MFC als Normal	$0,89 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 0,52 \text{ L/min}$	



Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02

**Mechanische Messgrößen – Druck**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Druck Absolutdruck $p_{abs}^{*)}$	> 0 bar bis 21 bar	DKD-R 6-1:2014	$5,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 1,2 \text{ mbar} + U_{baro}$	Druckmedium: Gas Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
	> 21 bar bis 251 bar	Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar} + U_{baro}$	
Absolutdruck $p_{abs}^{*)}$	1 bar; 2 bar bis 71 bar	DKD-R 6-1:2014	$7,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,36 \text{ mbar} + U_{baro}$	Referenzwert: ( $p_{abs} = p_{amb}$ )
	> 71 bar bis 701 bar	Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,72 \text{ mbar} + U_{baro}$	Druckmedium: Öl. Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
Absolutdruck $p_{abs}$	900 mbar bis 1100 mbar	esz QMH XXIII.4.2 v5.0	$2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 15 \mu\text{bar}$	Referenzwert: ( $p_{abs} = p_{amb}$ ) Einpunktmessung bei aktuellem Umgebungsdruck
Absolutdruck $p_{abs}^{*)}$	> 0 bar bis 301 bar	DKD-R 6-1:2014	$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar}$	Druckmedium: Wasser Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen.
	> 301 bar bis 1001 bar	Kalibriermethode: $p_{abs} = p_e + p_{amb}$	$7,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 40 \text{ mbar}$	
Positiver und negativer Überdruck $p_e^{*)}$	-200 mbar bis 200 mbar	DKD-R 6-1:2014	25 $\mu\text{bar}$	Druckmedium: Gas
	-1 bar bis 2 bar		$3,3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,25 \text{ mbar}$	
	> 2 bar bis 20 bar		$4,3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,61 \text{ mbar}$	
	> 20 bar bis 100 bar		$9,0 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 3,7 \text{ mbar}$	
	> 100 bar bis 300 bar		$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 30 \text{ mbar}$	
Überdruck $p_e^{*)}$	0 bar; 1 bar bis 70 bar	DKD-R 6-1:2014	$7,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,36 \text{ mbar}$	Referenzwert: ( $p_e = 0 \text{ bar}$ )
	> 70 bar bis 700 bar		$8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,72 \text{ mbar}$	Druckmedium: Öl
Überdruck $p_e^{*)}$	> 0 bar bis 300 bar	DKD-R 6-1:2014	$5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar}$	Druckmedium: Wasser
	> 300 bar bis 1000 bar		$7,4 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 40 \text{ mbar}$	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Mechanische Messgrößen – Kraft**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Kraft Messgeräte und Aufnehmer *)	50 N    bis    50 kN	Zug- und Druckkraft nach DKD-R 3-3:2018	0,05 %	

**Mechanische Messgrößen – Drehmoment**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)					
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne		Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Drehmoment</b> Handbetätigte Drehmoment - Schraubwerkzeuge *)	0,2 N·m	bis < 1 N·m	DIN EN ISO 6789-2:2017	0,9 %	Drehmoment- Schraubendreher
	1 N·m	bis 10 N·m		0,5 %	
	0,4 N·m	bis < 4 N·m		0,7 %	Drehmomentschlüssel
	4 N·m	bis 1110 N·m		0,5 %	
<b>Drehmoment</b> Drehmomentauf- nehmer in Prüfständen	0 N·m	bis 100 N·m	AA0397 Version 1.0 (16.08.2023)	$0,001 \cdot M + 0,025 \text{ N} \cdot \text{m}$	M: Messwert in N·m
	> 100 N·m	bis 10 kN·m		$0,002 \cdot M + 0,050 \text{ N} \cdot \text{m}$	Auf die Kalibrier- einrichtung wirkenden Biegemomente und Querkräfte sind zu berücksichtigen.

**Mechanische Messgrößen - Waagen**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Waagen Nichtselbsttätige elektronische Waagen *)	≤ 50 kg	EURAMET cg-18:2015 DKD-R 7-2:2018	$1 \cdot 10^{-6}$	Mit Gewichtstücken Genauigkeitsklasse E <sub>2</sub> nach OIML R111-1:2004
	≤ 150 kg		$2 \cdot 10^{-5}$	Mit Gewichtstücken Genauigkeitsklasse F <sub>2</sub> nach OIML R111-1:2004

**Mechanische Messgrößen – Messgeräte im Kraftfahrwesen (MIK)**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Rollenbremsprüfstände	0 N bis < 2 kN	Verkehrsblatt 2016 Heft 14 Nr. 115	19 N	F: am Bremsprüfstand angezeigte Kraft Messsystem: Kraftaufnehmer mit Belastungs-Rahmen
	2 kN bis 4 kN		$0,46 \% \cdot F + 7 \text{ N}$	
	> 4 kN bis 8 kN		$0,43 \% \cdot F + 8 \text{ N}$	
	> 8 kN bis 40 kN	QMH Kapitel XXVII.1.2: Version 5	$0,70 \% \cdot F$	F: am Bremsprüfstand angezeigte Kraft Messsystem: Hebel mit Massestücken
	0 kN bis 4 kN	Vergleichsverfahren: XXVII.1.2.1	$0,40 \% \cdot F + 4 \text{ N}$	
	> 4 kN bis 8 kN	Masse-Hebel	$0,65 \% \cdot F$	
	> 8 kN bis 40 kN	Verfahren: XXVII.1.2.2	$0,90 \% \cdot F$	
Plattenbremsprüfstände	0 N bis < 2 kN	Verkehrsblatt 2016 Heft 14 Nr. 115	$0,20 \% \cdot F + 12 \text{ N}$	F: am Bremsprüfstand angezeigte Kraft
	2 kN bis 10 kN	QMH Kapitel XXVII.1.2: Version 5	$0,70 \% \cdot F + 2 \text{ N}$	Messsystem: Kraftaufnehmer
Scheinwerfer- Einstell-Prüfgeräte (SEP) Neigung	0 % bis 6 %	Verkehrsblatt 2016 Heft 14, Nr.115  Verkehrsblatt 2018 Heft 23, Nr.174  QMH Kapitel: XXIX. 3 Version 6.0	0,1 %	Angabe der Messunsicherheit als absoluter Wert der Neigung
Aufstellflächen für Scheinwerfer-Einstell- Prüfgerät (ASEP) Neigung	0 % bis 10 %	Verkehrsblatt 2018 Heft 23, Nr. 174  QMH Kapitel: XXIX. 3 Version 6.0	0,038 %	Angabe der Messunsicherheit als absoluter Wert der Neigung
Aufstellflächen für Kraftfahrzeuge Neigung	0 m bis 10 m 0 % bis 10 %	Verkehrsblatt 2018 Heft 23, Nr. 174  QMH Kapitel: XXIX. 3 Version 6.0	$0,23 \text{ mm/m} + 0,53 \text{ mm/L}$	Messsystem: Selbstnivellierender Linienlaser
Ebenheit	0 mm bis 50 mm		$0,53 \text{ mm} + 0,23 \text{ mm/m} \cdot R$	DIN 18202:2013 L: gemessene Länge in Meter R: Rasterpunktabstand in Meter

**Mechanische Messgrößen – Messgeräte im Kraftfahrwesen (MIK)**
**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
Abgasmessgeräte für Fremdzündungsmotoren Gaskonzentration Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	80 ppm vol 200 ppm vol 2000 ppm vol	Verkehrsblatt 2018, Heft 11, Nr. 100  QMH Kapitel 26-7 XXX	2 ppm vol 3 ppm vol 24 ppm vol	ppm vol = $10^{-6} \cdot \text{m}^3/\text{m}^3$ % vol = $10^{-2} \cdot \text{m}^3/\text{m}^3$
Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>	3 % vol 6 % vol 14 % vol		0,039 % vol 0,072 % vol 0,17 % vol	
Kohlenstoffmonoxid CO	0,1 % vol 0,5 % vol 3,5 % vol		0,0039 % vol 0,0070 % vol 0,042 % vol	
Sauerstoff O <sub>2</sub>	20,9 % vol		0,31 % vol	
Abgasmessgeräte für Kompressionszündungs- motoren Trübungsgrad	10 %; 30 %; 50 %; 70 %		0,9 %	Trübungsmessung mit Neutralgraufilter.  Messunsicherheit ist absoluter Wert des Trübungsgrades.
Trübungskoeffizient	0,25 m <sup>-1</sup>		0,02 m <sup>-1</sup>	Der Trübungs- koeffizient wird aus dem Trübungsgrad berechnet.
	0,83 m <sup>-1</sup>		0,03 m <sup>-1</sup>	
	1,61 m <sup>-1</sup>		0,04 m <sup>-1</sup>	
	2,80 m <sup>-1</sup>		0,07 m <sup>-1</sup>	

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)				
Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich / Messspanne	Messbedingungen / Verfahren	Erweiterte Messunsicherheit	Bemerkungen
<b>Abgasmessgeräte für Kompressions- zündungsmotoren</b> Partikelanzahl- konzentration Partikelgeneratoren und -messgeräte (Aerosol)	$5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ bis $50 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$	AA0399 Version 1.0 Verkehrsblatt 2021 Heft 11, Nr. 133	20 %	Die mittlere Partikel- größe muss im Bereich von 10 nm bis 200 nm liegen.
	$> 50 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ bis $3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$		13 %	

**Verwendete Abkürzungen:**

AA	Arbeitsanweisung (selbstentwickeltes Verfahren) der esz AG
CMC	Calibration and measurement capabilities (Kalibrier- und Messmöglichkeiten)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKD-R	Richtlinie des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD), herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
EN	Europäische Norm
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
OIML	International Organization of legal metrology
QMH	Qualitätsmanagementhandbuch (selbstentwickeltes Verfahren) der esz AG