

## 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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne                   | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit                  | Bemerkungen  |
|------------------------------------|---|--|---|--|
| Gleichspannung                     | 0 V   |  | 35 nV   | Kurzschlussbrücke  |
|                                    | 0 V bis 200 mV                                |  | 14 nV   | Kalibrierung von<br>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<br>Nichtlinearität von<br>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<br>Abweichung von<br>Voltmetern   |
|                                    | 2 V bis 10 V                                  |  | 0,27 µV   |  |
|                                    | > 10 V bis 100 V                              |  | $0,28 \cdot 10^{-6} \cdot U - 0,34 \mu\text{V}$ | $U = \text{Messwert}$  |
| > 100 V bis 1050 V                 | $0,24 \cdot 10^{-6} \cdot U + 64 \mu\text{V}$ |  |   |  |
| 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   | $26 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu\text{V}$   | $U = \text{Messwert}$<br>Bei der Kalibrierung<br>von Messgeräten sind<br>der Einfluss der<br>Lastimpedanz und die<br>Wiederholbarkeit zu<br>berücksichtigen. |
|                                    |   | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz;<br>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   | $13 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,19 \mu\text{V}$   |  |
|                                    |   | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz;<br>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;<br>37,5 Hz; 40 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz; 312,5 Hz;<br>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            |   | $1,4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,16 \mu\text{V}$                                       |   |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                | Bemerkungen  |  |
|--|--|--|--------------------------------|--|--|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |  |
| Wechselspannung<br>Bereiche  | 2 V                                    | 10 Hz  | $38 \cdot 10^{-6} \cdot U$     | <i>U</i> = Messwert.<br><br>Bei der Kalibrierung<br>von Messgeräten sind<br>der Einfluss der Last-/<br>Anschlussimpedanz<br>und die Wiederhol-<br>barkeit zu<br>berücksichtigen. |  |
|  |  | 20 Hz; 40 Hz   | $12 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|  |  | 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>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<br>erhöhen die<br>Messwerte  |  |
|  |  | 20 Hz; 40 Hz   | $13 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|  |  | 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>20 kHz; 50 kHz; 70 kHz;<br>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  | $35 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|  | 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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>20 kHz; 50 kHz; 70 kHz;<br>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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand                         | Messbereich /<br>Messspanne  | Messbedingungen /<br>Verfahren                                     | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |  |
|--|------------------------------|--|--------------------------------|---|--|
| Wechselspannung<br>Bereiche                                | > 22 V bis 70 V<br><br>60 V  | 10 Hz bis 300 kHz  |                                | <i>U</i> = Messwert.<br><br>Bei der Kalibrierung<br>von Messgeräten sind<br>der Einfluss der Last-/<br>Anschlussimpedanz<br>und die Wiederhol-<br>barkeit zu<br>berücksichtigen.<br><br>Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>Messwerte |  |
|  |                              | 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;<br>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<br>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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>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<br>200 V   | 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;<br>500 Hz                                   | $14 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |  |
|  |                              | 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz;<br>50 kHz                                   | $16 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |  |
|  |                              | 70 kHz   | $25 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |  |
|  | > 700 V bis 1000 V<br>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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen   |
|--|--|---|--|--|---|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren  |  |  |   |
| Hochspannung<br>Quellen                | 1 kV bis 10 kV                         | 10 Hz bis 20 kHz<br>> 20 kHz bis 50 kHz<br>> 50 kHz bis 100 kHz                       |  | $50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$<br>$0,34 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,6 \text{ V}$<br>$1,6 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,9 \text{ V}$                                    | $U$ = Messwert  |
|  | > 10 kV bis 40 kV                      | 10 Hz bis 20 kHz<br>> 20 kHz bis 50 kHz<br>> 50 kHz bis 100 kHz                       |  | $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$<br>$0,43 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2,1 \text{ V}$<br>$1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \text{ V}$                                |   |
| 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                        |   | $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$ |  |   |
| 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<br>10 MΩ Last<br>Bereichsangabe in<br>Spannung Spitze-<br>Spitze<br>$U$ = Betragsspitze der<br>Spannung<br>$f$ = Frequenz<br>Der Zusatzeinfluss<br>abweichender<br>Lastbedingungen (wie<br>z. B. 50 Ω oder 1 MΩ<br>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<br>Amplitudenparameter | 5 mV bis 5 V                           | DC bis 10 MHz<br>> 10 MHz bis 100 MHz<br>> 100 MHz bis 300 MHz<br>> 300 MHz bis 1 GHz |  | $25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,2 \mu\text{V}$<br>$37 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,5 \mu\text{V}$<br>$44 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,4 \mu\text{V}$<br>$70 \cdot 10^{-3} \cdot U$ | Oszilloskop als Normal<br>$U$ = Messwert  |
|  | > 5 V bis 50 V                         | DC bis 2 kHz<br>> 2 kHz bis 10 MHz  |  | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu\text{V}$<br>$25 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,7 \mu\text{V}$   |   |

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

**Gleich- und Wechselstromstärke**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|---|
| Wechselstromstärke<br>Messgeräte   | 100 µA bis 2 A              | 10 Hz bis 1 kHz  | 2,2 nA bis 61 µA               | <i>I</i> = Messwert<br><i>f</i> = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messwerte |
|                                    | 100 µA; 200 µA;<br>500 µA   | 10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz  | $62 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>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  | $22 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    | 2 mA                        | 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz | $18 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 10 Hz; 12,5 Hz   | $23 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    | 5 mA; 10 mA; 20 mA          | 20 Hz  | $20 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz | $14 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    | 50 mA                       | 10 Hz; 12,5 Hz   | $23 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz   | $21 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz  | $16 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |   |
|                                    |                             | 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|---|
| Wechselstromstärke<br>Messgeräte   | 100 mA; 200 mA              | 10 Hz; 12,5 Hz   | $25 \cdot 10^{-6} \cdot f$     | / = Messwert<br>f = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messwerte |
|                                    |                             | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz   | $21 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz;<br>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;<br>40 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>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;<br>40 Hz; 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz | $45 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | Wechselstromstärke          | 100 µA bis 100 A   | 10 Hz bis 10 kHz               |   |
| 100 µA                             |                             | 10 Hz; 20 Hz   | $76 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz;<br>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<br>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;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne                            | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|--|---|--------------------------------|---|
| Wechselstromstärke                 | 2 mA   | 10 Hz   | $32 \cdot 10^{-6} \cdot f$     | / = Messwert<br>f = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messwerte |
|                                    |  | 20 Hz   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |  | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|---|
| Wechselstromstärke                 | 1 A                         | 10 Hz   | $32 \cdot 10^{-6} \cdot f$     | / = Messwert<br>f = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messwerte |
|                                    |                             | 20 Hz   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $25 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | 2 A                         | 10 Hz; 20 Hz  | $40 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $34 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | 5 A; 10 A                   | 10 Hz   | $39 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 20 Hz   | $37 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $32 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | 20 A                        | 10 Hz; 20 Hz  | $57 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $53 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | 50 A                        | 10 Hz; 20 Hz  | $64 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz                   | $59 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 1 kHz; 10 kHz   | $68 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    | 100 A                       | 10 Hz; 20 Hz  | $75 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
|                                    |                             | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz                   | $65 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |   |
| 1 kHz; 10 kHz                      |                             | $75 \cdot 10^{-6} \cdot f$                                |                                |   |
| 100 A bis 200 A                    |                             | 12 mA bis 24 mA   |                                |   |
|                                    | 10 Hz bis 10 kHz            | $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot f$                              |                                |   |

**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<br>Quellen                               | 200 A bis 300 A              | 10 Hz bis 1 kHz  | $0,30 \cdot 10^{-3} \cdot I - 0,53 \text{ mA}$  | $I$ = Messwert<br>$f$ = 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<br>Stromzangen und<br>Stromzangenwandler | 10 $\mu\text{A}$ bis 2400 A  | 1 bis $N$ Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 1 kHz bis 10 kHz/ $N$ | $\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot I$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$90 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 8 nA | $W_{in}$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Stromstärke der<br>Einfachwicklung. $W_{DUT}$<br>ist die relative<br>Unsicherheit des<br>Messobjekts im<br>Streifenfeld des<br>stromdurchflossenen<br>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<br>$5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br>Siehe Matrix M.1                         | Gesamtunsicherheit $U$<br>ist abhängig von der<br>rel. Unsicherheit<br>$U(R_N)/R_N$ des<br>Kalibrierwiderstandes<br>$R_N$ .   |

**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 $\Omega$ |  |  |  |
|------------------------|--|----|-------|----|-------------------|----|-------------------|----|------------------|----|-------------------|-----|--------------|-----|--|--|---------------------------|--|--|--|----------------|--|--|--|--------------|--|--|--|
|                        | 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 /<br>Kalibriergegenstand                         | Messbereich /<br>Messspanne                    | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen   |
| Gleichstromstärke<br>Quellen, Messgeräte                   | 0 pA bis 10 nA                                 |                                | 0,85 fA bis 51 fA   | / = Messwert<br>Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>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<br>Quellen                               | 300 A bis 700 A                                |                                | $27 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2,3 \text{ mA}$   |   |
| Gleichstromstärke<br>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<br>Stromzangen und<br>Stromzangenwandler | 0 A bis 3000 A                                 | 1 bis N Wicklungen             | $\sqrt{W^z + W^z} \cdot I$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$8 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 6 nA | $W_{in}$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Stromstärke der<br>Einfachwicklung.<br>$W_{DUT}$ ist die relative<br>Unsicherheit des<br>Messobjekts im<br>Streifenfeld des<br>stromdurchflossenen<br>Leiters. |



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

**Permanentes Laboratorium**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)                                  |  |   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|--|---|--|---|--------------------------------|--|
|  | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren   |   |                                |  |
| Wechselstromstärke<br>harmonische<br>Oberwellen<br>Quellen und<br>Messgeräte | Effektivwert der<br>Grundwelle  |  |   |                                | $I_1$ = Effektivwert der<br>Grundwelle<br>$I_n$ = Effektivwert der<br>Oberwelle<br>$f_1$ = Frequenz der<br>Grundwelle<br>$f_n$ = Frequenz der<br>Oberwelle<br>$n = f_n / f_1, n > 1$<br>Die Anzahl der<br>Oberwellen ist auf eine<br>Oberwelle beschränkt.<br>$I_s$ = Spitzenwert des<br>Stromsignals<br>Bei Messgeräten mit<br>angeschlossenem<br>(Zangen-)Stromwandler<br>kann sich die<br>Messunsicherheit<br>erhöhen. Der<br>Messbereich erweitert<br>sich auf $I_1 \leq 600$ A.<br>Die Kalibrierung von<br>Stromwandlern erfolgt<br>im Verbund mit dem<br>Anzeigegerät für das<br>Sekundärsignal. |
|  | 100 mA bis 60 A   | $45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$<br>$2 \leq n \leq 100$<br>$I_s \leq 113 \text{ A}$               | $32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$<br>bis<br>$71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$ |                                |  |
|  | 100 mA  | $1 \text{ mA} \leq I_n \leq 4,8 \text{ A}$<br>$f_n \leq 6 \text{ kHz}$<br>$1 \% \leq (I_n / I_1) \leq 30 \%$ | $32 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |                                |  |
|  | 200 mA  |  | $47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |                                |  |
|  | 400 mA  |  | $47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |                                |  |
|  | 800 mA  |  | $47 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |                                |  |
|  | 1,6 A   |  | $45 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |                                |  |
|  | 4 A   | $57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$   |   |                                |  |
|  | 5 A   | $57 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$   |   |                                |  |
| 16 A   | $55 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$  |  |   |                                |  |
| 30 A   | $160 \text{ mA} \leq I_n \leq 18 \text{ A}$<br>$f_n \leq 3 \text{ kHz}$ | $71 \cdot 10^{-6} \cdot I_1$   |   |                                |  |
| 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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen   |
|--|-----------------------------|--|--|---|
| Wechselstromstärke<br>Harmonische<br>Oberwellen<br><br>Quellen und<br>Messgeräte | Effektivwert der Oberwelle  | 45 Hz $\leq f_1 \leq$ 65 Hz<br>$2 \leq n \leq$ 100<br>$I_s \leq$ 113 A             |  | $I_1$ = Effektivwert der Grundwelle<br>$I_n$ = Effektivwert der Oberwelle   |
|  | 1 mA bis 4,8 A              | 100 mA $\leq I_1 \leq$ 16 A<br>$f_n \leq$ 6 kHz<br>$1 \% \leq I_n / I_1 \leq$ 30 % | $0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$<br>bis<br>$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$<br><br>siehe Matrix M.16 | $f_1$ = Frequenz der Grundwelle<br>$f_n$ = Frequenz der Oberwelle<br>$n = f_n / f_1, n > 1$   |
|  | 160 mA bis 18 A             | 16 A $\leq I_1 \leq$ 60 A<br>$f_n \leq$ 3 kHz<br>$1 \% \leq (I_n / I_1) \leq$ 30 % | $0,22 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$<br>bis<br>$0,46 \cdot 10^{-3} \cdot I_n$<br><br>siehe Matrix M.16 | Die Anzahl der Oberwellen ist auf eine Oberwelle beschränkt.<br>$I_s$ = Spitzenwert des Stromsignals<br>Bei Messgeräten mit angeschlossenem (Zangen-) Stromwandler kann sich die Messunsicherheit erhöhen. Der Messbereich erweitert sich auf $I_n \leq$ 200 A.<br>Die Kalibrierung von Stromwandlern erfolgt im Verbund mit dem Anzeigerät 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  $J_n$  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 /<br>Kalibriergegenstand        | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|-----------------------------|--|--------------------------------|--|
| Flicker<br>Modulationstiefe<br>Quellen    | 0,407 % bis 4,837 %         | $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$<br>$U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$<br><br>rechteckförmige Modulation |                                | $\Delta U/U =$<br>Modulationstiefe<br>$U =$ Effektivwert des<br>modulierten<br>Wechselspannungs-<br>signals<br>$f =$ Frequenz des<br>modulierten<br>Wechselspannungs-<br>signals<br>$CPM =$ Änderungen<br>pro Minute (Changes<br>per minute)<br>Es gelten die in DIN<br>EN 61000-4-15:2011,<br>Tabelle 5, definierten<br>Kombinationen aus<br>$\Delta U/U$ und $CPM$ . |
|   |                             | $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$                                     | $1,0 \cdot 10^{-3} \%$         |  |
|   |                             | $CPM = 110 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$   | $3,7 \cdot 10^{-3} \%$         |  |
|   |                             | $CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$  | $12 \cdot 10^{-3} \%$          |  |
|   |                             | $CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$<br>$CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 51 \text{ Hz}; f = 61 \text{ Hz}$                            | $12 \cdot 10^{-3} \%$          |  |
| Flicker<br>Modulationstiefe<br>Messgeräte | 0,407 % bis 4,837 %         | $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$<br>$U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$<br><br>rechteckförmige Modulation |                                | $\Delta U/U =$<br>Modulationstiefe<br>$U =$ Effektivwert des<br>modulierten<br>Wechselspannungs-<br>signals<br>$f =$ Frequenz des<br>modulierten<br>Wechselspannungs-<br>signals<br>$CPM =$ Änderungen<br>pro Minute (Changes<br>per minute)<br>Es gelten die in DIN<br>EN 61000-4-15:2011,<br>Tabelle 5, definierten<br>Kombinationen aus<br>$\Delta U/U$ und $CPM$ . |
|   |                             | $1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 39 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$                                     | $1,0 \cdot 10^{-3} \%$         |  |
|   |                             | $CPM = 110 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$   | $3,7 \cdot 10^{-3} \%$         |  |
|   |                             | $CPM = 1620 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$  | $12 \cdot 10^{-3} \%$          |  |
|   |                             | $CPM = 4000 \text{ min}^{-1};$<br>$CPM = 4800 \text{ min}^{-1}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$                            | $28 \cdot 10^{-3} \%$          |  |

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

**Permanentes Laboratorium**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

**Gleich- und Wechselstromwiderstand**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                  | Bemerkungen  |
|---|--|--|----------------------------------|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit   |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz)   | 1 Ω bis 10 kΩ                          | 10 μA ≤ I ≤ 50 mA<br>10 Hz bis 1 kHz   | 20 μΩ bis 0,77 Ω                 | <i>R</i> = Messwert<br><i>I</i> = Stromstärke<br><i>f</i> = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   | 1 Ω                                    | 10 Hz; 12,5 Hz   | 30 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz   | 24 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz;<br>1 kHz                                  | 21 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   | 2 Ω                                    | 10 Hz; 12,5 Hz   | 26 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz   | 21 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz;<br>1 kHz                                  | 16 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   | 5 Ω                                    | 10 Hz; 12,5 Hz   | 25 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 20 Hz  | 20 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz;<br>48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz;<br>375 Hz; 625 Hz;<br>937,5 Hz; 1 kHz | 15 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   | 10 Ω                                   | 10 Hz; 12,5 Hz   | 24 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
|   |  | 20 Hz  | 19 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i> |  |
| 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz; 40 Hz;<br>48 Hz; 60 Hz; 62,5 Hz;<br>75 Hz; 80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz;<br>375 Hz; 625 Hz;<br>937,5 Hz; 1 kHz |  | 14 · 10 <sup>-6</sup> · <i>R</i>   |                                  |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand              | Messbereich /<br>Messspanne                               | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|---|--|--------------------------------|--|
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz) | 20 Ω; 50 Ω;<br>100 Ω                                      | 10 Hz; 12,5 Hz   | $59 \cdot 10^{-6} \cdot R$     | <i>R</i> = Messwert<br><i>I</i> = Stromstärke<br><i>f</i> = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   |   | 20 Hz  | $19 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   |   | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz;<br>60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz                             | $14 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   |   | 625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz  | $12 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   | 1 kΩ  | 10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz  | $59 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   |   | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz;<br>37,5 Hz; 40 Hz; 48 Hz;<br>60 Hz; 62,5 Hz; 75 Hz;<br>80 Hz; 125 Hz;<br>312,5 Hz; 375 Hz; 625 Hz;<br>937,5 Hz; 1 kHz | $56 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   | 10 kΩ   | 10 Hz; 12,5 Hz; 20 Hz  | $81 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   |   | 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 48 Hz; 60 Hz;<br>62,5 Hz; 75 Hz; 80 Hz;<br>125 Hz; 312,5 Hz; 375 Hz;<br>625 Hz; 937,5 Hz; 1 kHz           | $78 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   | 100 μΩ bis 100 Ω  | 100 μA ≤ <i>I</i> ≤ 100 A<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $36 \cdot 10^{-6} \cdot R$   |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand              | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |                                | Bemerkungen  |
|---|--|---|--------------------------------|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz) | 50 mΩ                                  | 10 Hz   | $45 \cdot 10^{-6} \cdot R$     | <i>R</i> = Messwert<br><i>I</i> = Stromstärke<br><i>f</i> = Frequenz<br><br>Zwischenwerte und<br>abweichende<br>Messbedingungen<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   |  | 20 Hz   | $42 \cdot 10^{-6} \cdot R$     |  |
|   |  | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand              | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Bemerkungen  |
|---|--|---|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                                    | Erweiterte<br>Messunsicherheit               |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz) | 100 Ω                                  | 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 μΩ bis 10 kΩ                       | 10 Hz bis 10 kHz  | $\sqrt{U_i^2 + U_u^2} \cdot R$               | $U_i$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>$U_u$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Spannung<br>am Widerstand $R$ |
| 0 Ω bis 10 kΩ                                   | 20 Hz bis 50 Hz                        | $2,5 \cdot 10^{-3} \cdot R + 3,1 \text{ m}\Omega$                 | $R = \text{Messwert}$<br>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                                |  | $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$                                       |  |  |
| > 20 kΩ bis 110 MΩ                              |  | $1,3 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot R$  |  |  |
| 0 Ω bis 100 Ω                                   | > 100 kHz bis 300 kHz                  | $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R + 2,2 \text{ m}\Omega$                 |  |  |
| > 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                                |  | $15 \cdot 10^{-9} \cdot R^2/\Omega + 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot R$   |  |  |

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

**Elektrische Leistung**

**Permanentes Laboratorium**

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

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

**Permanentes Laboratorium**

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

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

**Permanentes Laboratorium**

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

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

Matrix M.2: „Spannungsverhältnis“

| Messwert \ Brückenspannung | Brückenspannung |           |           |           |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | 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 < / ≤ 20 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,1·10 <sup>-6</sup> | 3,0·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,5·10 <sup>-6</sup> | 1,9·10 <sup>-6</sup> | 1,4·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 9,8·10 <sup>-6</sup> | 9,6·10 <sup>-6</sup> | 9,0·10 <sup>-6</sup> | 7,9·10 <sup>-6</sup> | 5,9·10 <sup>-6</sup> | 4,3·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,8·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 8,4·10 <sup>-6</sup> | 2,6·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,3·10 <sup>-4</sup> | 9,7·10 <sup>-5</sup> | 7,1·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,5·10 <sup>-3</sup> | 1,3·10 <sup>-3</sup> | 9,7·10 <sup>-4</sup> | 7,1·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-6</sup>  |

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,4·10 <sup>-6</sup> | 3,4·10 <sup>-6</sup> | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup> | 1,5·10 <sup>-6</sup> | 8,4·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 9,1·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-6</sup> | 5,0·10 <sup>-6</sup> | 9,2·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 2,4·10 <sup>-5</sup> | 2,3·10 <sup>-5</sup> | 2,2·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,4·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 4,0·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 1,9·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,2·10 <sup>-4</sup> | 8,8·10 <sup>-5</sup> | 2,9·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 1,9·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,2·10 <sup>-3</sup> | 8,8·10 <sup>-4</sup> | 2,9·10 <sup>-6</sup>  |

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 2,9·10 <sup>-6</sup> | 2,6·10 <sup>-6</sup> | 1,9·10 <sup>-6</sup> | 1,4·10 <sup>-6</sup> | 7,3·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 9,5·10 <sup>-6</sup> | 8,3·10 <sup>-6</sup> | 6,2·10 <sup>-6</sup> | 4,5·10 <sup>-6</sup> | 7,6·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 2,1·10 <sup>-5</sup> | 2,0·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,6·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 9,0·10 <sup>-6</sup> | 3,0·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,4·10 <sup>-4</sup> | 1,0·10 <sup>-4</sup> | 7,6·10 <sup>-5</sup> | 2,1·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,4·10 <sup>-3</sup> | 1,0·10 <sup>-3</sup> | 7,6·10 <sup>-4</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup>  |

**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 A < / ≤ 100 A & 15 mV < U ≤ 1 kV**

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,6·10 <sup>-6</sup> | 3,5·10 <sup>-6</sup> | 3,3·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup> | 1,5·10 <sup>-6</sup> | 8,9·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 9,5·10 <sup>-6</sup> | 7,1·10 <sup>-6</sup> | 5,2·10 <sup>-6</sup> | 1,0·10 <sup>-10</sup> |
| 111    | 2,5·10 <sup>-5</sup> | 2,4·10 <sup>-5</sup> | 2,3·10 <sup>-5</sup> | 2,0·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 4,4·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 2,1·10 <sup>-4</sup> | 2,1·10 <sup>-4</sup> | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,3·10 <sup>-4</sup> | 9,3·10 <sup>-5</sup> | 3,3·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,3·10 <sup>-3</sup> | 9,3·10 <sup>-4</sup> | 3,3·10 <sup>-6</sup>  |

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

| f (Hz)                 | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                    |
| 10 Hz<br>bis<br>100 Hz | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,4·10 <sup>-4</sup> | 1,2·10 <sup>-4</sup> | 8,9·10 <sup>-5</sup> | 6,5·10 <sup>-5</sup> | 7,8·10 <sup>-9</sup> |

Matrix M.26: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen  
**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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**

| f (Hz) | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|        | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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**

| f (Hz) | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|        | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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 mV und I = 100 μA**

| f (Hz) | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|        | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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

**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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 150 pW  | 730 pW       | 1,1 nW      | 1,4 nW      | 1,6 nW       | 1,8 nW  |
| 1000   | 2,3 nW  | 2,3 nW       | 2,2 nW      | 2,0 nW      | 1,9 nW       | 1,8 nW  |
| 10000  | 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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 140 μW  | 250 μW       | 350 μW      | 440 μW      | 500 μW       | 550 μW  |
| 1000   | 2,1 mW  | 1,9 mW       | 1,7 mW      | 1,3 mW      | 1,0 mW       | 530 μW  |
| 10000  | 21 mW   | 19 mW        | 17 mW       | 13 mW       | 9,1 mW       | 530 μW  |

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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 150 μW  | 260 μW       | 350 μW      | 450 μW      | 500 μW       | 550 μW  |
| 1000   | 2,3 mW  | 2,1 mW       | 1,9 mW      | 1,5 mW      | 1,1 mW       | 530 μW  |
| 10000  | 23 mW   | 21 mW        | 19 mW       | 14 mW       | 10 mW        | 530 μW  |

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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 3,5 mW  | 9,2 mW       | 13 mW       | 17 mW       | 20 mW        | 22 mW   |
| 1000   | 65 mW   | 60 mW        | 53 mW       | 43 mW       | 34 mW        | 22 mW   |
| 10000  | 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**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 20\text{ A}$

|              | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| f (Hz)       | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 100\text{ A}$

|              | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| f (Hz)       | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 100\text{ A}$

|              | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| f (Hz)       | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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>i)</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 /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                        | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmigen<br>Spannungssignalen<br>mehrkanalige<br>Quellen, Messgeräte | -360° bis 360°              | 10 Hz ≤ f ≤ 1 MHz<br>1 mV ≤ U <sub>eff,i</sub> ≤ 1 kV | 360° · f · 17 ns               | $\Delta \langle p \rangle = \langle p_2 \rangle - \langle p_1 \rangle =$<br>Phasenwinkel<br>$U_i(t) =$<br>$\sqrt{2} U_{\text{eff},i} \sin(2\pi f t + \langle p_i \rangle)$<br>mit $i \in \{1; 2\}$<br><br>f = Frequenz<br>U <sub>eff,i</sub> = Effektivwert<br>der Wechselspannung<br><br>Messungen bei<br>Spannungen ≤ 15 mV<br>im Frequenzbereich<br>10 Hz bis < 1 kHz,<br>sowie Messungen bei<br>f = (50 ± 5) Hz<br>können die<br>Messunsicherheit<br>erhöhen. |

**Permanentes Laboratorium**

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)   |                             |  |                                |  |
|--|-----------------------------|--|--------------------------------|--|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                       | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmiger<br>Ausgangsspannung<br>und sinusförmiger<br>Eingangsstromstärke<br>Widerstandsnormal |                             | 10 mA ≤ J <sub>eff.</sub> ≤ 100 A<br>für f ≤ 10 kHz  |                                | $\Delta \langle p \rangle = \langle p_v \rangle - \langle p_i \rangle =$<br>Phasenwinkel<br>$J(t) =$<br>$\sqrt{2} J_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \langle p \rangle)$<br><br>$U(t) =$<br>$\sqrt{2} J_{\text{eff.}}  Z  \sin(2\pi f t + \langle p \rangle)$<br><br>f = Frequenz<br>R = Gleichstromwiderstand<br>J <sub>eff.</sub> = Effektivwert des Wechselstroms<br>Z = Impedanz des Widerstandsnormal<br><br>Messungen bei Spannungen ≤ 15 mV im Frequenzbereich 10 Hz bis < 1 kHz, sowie abweichende Messbedingungen können die Messunsicherheit erhöhen. |
|  |                             | 10 mA ≤ J <sub>eff.</sub> ≤ 50 mA<br>für f ≤ 100 kHz |                                |  |
|  | -90° bis 90°                | 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz<br>10 mΩ ≤ R < 50 mΩ             |                                | 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 Hz  | 0,18 m°                        |  |
|  |                             | f = 45 Hz  | 0,60 m°                        |  |
|  |                             | f = 111 Hz   | 1,2 m°                         |  |
|  |                             | 1 kHz ≤ f ≤ 100 kHz                                  | 360° · f · 28 ns               |  |
|  |                             | 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz<br>50 mΩ ≤ R ≤ 100 Ω             |                                |  |
|  |                             | f = 40 Hz  | 0,43 m°                        |  |
|  |                             | f = 100 Hz   | 0,79 m°                        |  |
|  |                             | 1 kHz ≤ f ≤ 100 kHz                                  | 360° · f · 20 ns               |  |

**Permanentes Laboratorium**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                  |                                | Bemerkungen  |                  |
|---|--|----------------------------------|--------------------------------|--|------------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |                  |
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmigem<br>Ausgangssignal und<br>sinusförmiger<br>Eingangsstromstärke<br>Stromwandler |  | 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz               |                                | $\Delta \langle p \rangle = \langle p_V \rangle - \langle p_I \rangle =$<br>Phasenwinkel<br>$J(t) =$<br>$\sqrt{2} J_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \langle p_I \rangle)$<br>$Y(t) =$<br>$\sqrt{2} Y_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \langle p_V \rangle)$<br><br>f = Frequenz<br>J <sub>eff.</sub> = Effektivwert des<br>Wechselstroms<br>Y <sub>eff.</sub> = Effektivwert des<br>Ausgangssignals des<br>Stromwandlers (Strom<br>oder Spannung) |                  |
|   | -90° bis 90°                           | 1 A < J <sub>eff.</sub> ≤ 2 A    |                                |  |                  |
|   |  | f = 40 Hz                        |                                |  | 0,43 m°          |
|   |  | f = 100 Hz                       |                                |  | 0,79 m°          |
|   |  | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz               |                                |  | 360° · f · 20 ns |
|   |  | 2 A < J <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 < J <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 /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                        | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|-----------------------------|---|--------------------------------|--|
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmigem<br>Spannungssignal und<br>sinusförmigen<br>Stromsignal<br>Quellen | -180° bis 180°              | 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz<br>1 mV ≤ U <sub>eff.</sub> ≤ 1 kV |                                | $\Delta < p = < p_U - < p_I =$<br>Phasenwinkel<br>$J(t) =$<br>$\sqrt{2} J_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + < p_I)$<br><br>$U(t) =$<br>$\sqrt{2} U_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + < p_U)$ |
|   |                             | 100 μA ≤ J <sub>eff.</sub> ≤ 10 mA                    |                                | f = Frequenz   |
|   |                             | f = 10 Hz   | 0,21 m°                        | J <sub>eff.</sub> = Effektivwert des<br>Wechselstroms  |
|   |                             | f = 45 Hz   | 0,57 m°                        | U <sub>eff.</sub> = Effektivwert der<br>Wechselspannung  |
|   |                             | f = 111 Hz  | 1,1 m°                         | Messungen bei<br>Spannungen ≤ 15 mV<br>im Frequenzbereich<br>10 Hz bis < 1 kHz,<br>sowie abweichende<br>Messbedingungen<br>können die<br>Messunsicherheit<br>erhöhen.                |
|   |                             | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz                                    | 360° · f · 27 ns               |  |
|   |                             | 10 mA < J <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 < J <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 < J <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 < J <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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                        | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|--|-----------------------------|---|--------------------------------|--|
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmigem<br>Spannungssignal und<br>sinusförmigen<br>Stromsignal<br>Messgeräte | -180° bis 180°              | 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz<br>1 mV ≤ U <sub>eff.</sub> ≤ 1 kV |                                | Δ<math>\rho = \rho_U - \rho_I =</math><br>Phasenwinkel<br><br>J(t) =<br>$\sqrt{2}J_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \rho_I)$<br><br>U(t) =<br>$\sqrt{2}U_{\text{eff.}} \sin(2\pi f t + \rho_U)$ |
|  |                             | 1 mA ≤ J <sub>eff.</sub> ≤ 2 A                        |                                | f = Frequenz<br>J <sub>eff.</sub> = Effektivwert der<br>Wechselstromstärke<br>U <sub>eff.</sub> = Effektivwert der<br>Wechselspannung  |
|  |                             | f = 40 Hz   | 0,42 m°                        |  |
|  |                             | f = 100 Hz  | 0,76 m°                        |  |
|  |                             | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz                                    | 360° · f · 19 ns               |  |
|  |                             | 2 A < J <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 < J <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 /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit             | Bemerkungen   |
| Phasenwinkel<br>zwischen Grundwelle<br>und n-ter<br>harmonischer<br>Oberwelle eines<br>Spannungssignals<br>Messgeräte | -180° bis 180°              | $1 \leq n \leq 100$<br>$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$<br>$f_n \leq 6 \text{ kHz}$<br>$U_1 \geq 100 \text{ mV}$<br>$U_n \geq 10 \text{ mV}$<br>$U_s \leq 1050 \text{ V}$ | $360^\circ \cdot f_n \cdot 225 \text{ ns}$ | $\Delta < p = < p_n - n < p_1 =$<br><b>Phasenwinkel</b><br><br>$U(t) =$<br>$\sum_{n=1}^{100} L \sqrt{2} \bar{U}_n \sin(2\pi f_n t + < p_n)$<br><br>$f_1 =$ Frequenz der<br>Grundwelle<br>$f_n =$ Frequenz der n-<br>ten harmonischen<br>Oberwelle<br>$U_1 =$ Effektivwert der<br>Grundwelle<br>$U_n =$ Effektivwert der<br>n-ten harmonischen<br>Oberwelle<br>$U_s =$ Spitzenwert des<br>Spannungssignals<br><br>Es gelten die<br>Bereichsgrenzen und<br>sonstigen Vorgaben<br>des Fluke<br>6100B/6105A Users<br>Manual (September<br>2009 Rev. 1, 6/10). |

**Permanentes Laboratorium**

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |                             |  |  |   |
|---|-----------------------------|--|--|---|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit             | Bemerkungen   |
| Phasenwinkel<br>zwischen Grundwelle<br>und n-ter<br>harmonischer<br>Oberwelle eines<br>Stromsignals<br>Messgeräte | -180° bis 180°              | $1 \leq n \leq 100$<br>$45 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 65 \text{ Hz}$<br><br>$J_S \leq 29,7 \text{ A}: f_n \leq 6 \text{ kHz}$<br>bzw.<br>$J_S > 29,7 \text{ A}: f_n \leq 3 \text{ kHz}$<br><br>$J_1 \geq 100 \text{ mA}$<br>$J_n \geq 10 \text{ mA}$<br>$J_S \leq 113 \text{ A}$ | $360^\circ \cdot f_n \cdot 228 \text{ ns}$ | $\Delta < p = < p_n - n < p_1 =$<br>Phasenwinkel<br><br>$J(t) =$<br>$\frac{100}{n=1} \cdot \sqrt{2} J_n \sin(2n f_n t + < p_n)$<br><br>$f_1 =$ Frequenz der<br>Grundwelle<br>$f_n =$ Frequenz der n-<br>ten harmonischen<br>Oberwelle<br>$J_1 =$ Effektivwert der<br>Grundwelle<br>$J_n =$ Effektivwert der<br>n-ten harmonischen<br>Oberwelle<br>$J_S =$ Spitzenwert des<br>Stromsignals<br><br>Es gelten die<br>Bereichsgrenzen und<br>sonstigen Vorgaben<br>des Fluke<br>6100B/6105A Users<br>Manual (September<br>2009 Rev. 1, 6/10). |

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

**Induktivität und Kapazität**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

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

**Elektrische Messgrößen - Zeit und Frequenz**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)                                |  |  | Bemerkungen                                       |
|------------------------------------|---|--|--|---|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen<br>/ Verfahren                             | Erweiterte<br>Messunsicherheit   |   |
| Frequenz $f$                       | 1 MHz bis 10 MHz<br>in Schritten von 1 MHz                            | Phasendifferenzzeit-<br>messungen über<br>Messzeiten > 1 h | $2,0 \cdot 10^{-12} \cdot f$   | $f$ : Messwert<br>$U_{Tr}$ : Trigger-unsicherheit |
|                                    | 0,01 Hz bis 350 MHz<br>> 350 MHz bis 26,5 GHz<br>> 26,5GHz bis 40 GHz |  | $2,6 \cdot 10^{-12} \cdot f + U_{Tr}$<br>$11 \cdot 10^{-12} \cdot f + U_{Tr}$<br>$0,6 \text{ Hz} + U_{Tr}$ |   |
| 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<br>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

**Hochfrequenz- und Strahlungsmessgrößen - Hochfrequenzmessgrößen**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen  |
|---|---|---|--|--|
| Oszilloskope<br>vertikal  | 1 mV bis 5 V<br>5 mV bis 200 V  | DC bis 10 kHz   | $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$   | $U$ : Messwert<br>50 $\Omega$<br>1 M $\Omega$              |
| Oszilloskop<br>horizontal   | 25 ps bis 40 s  |   | $0,12 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,1 \text{ ps}$  | $T$ : Messwert   |
| Bandbreite $f$<br>(Frequenzgang)  | 40 Hz bis 6 GHz   |   | $6,3 \cdot 10^{-3} \cdot f^2/\text{GHz}$<br>$+ 20 \cdot 10^{-3} \cdot f$   | $f$ = Messwert   |
|   | > 6 GHz bis 40 GHz  |   | $75 \cdot 10^{-3} \cdot f$   |  |
| Anstiegszeit  | 30 ps bis 45 ps<br>> 45 ps bis 1 ms   | 0,1 V bis 3 V   | 5 ps<br>$10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$  |  |
|   | 70 ps bis 85 ps<br>> 85 ps bis 310 ps<br>> 310 ps bis 650 ps<br>> 650 ps bis 1 ms | 0,1 V bis 3 V   | $78 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$67 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$58 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$56 \cdot 10^{-3} \cdot T$ | errechnet aus der<br>3 dB Bandbreite<br>$T$ : Messwert     |
| Frequenz $f$<br>Zeitbasis   | 10 MHz  |   | $0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$  |  |
| Pulsmessgrößen<br>Anstiegszeit<br>(z.B. Oszilloskop-<br>kalibrator)         | 15 ps bis 10 ns<br>160 ps bis 10 ms   | 0,1 V bis 40 V in 50 $\Omega$<br>0,1 V bis 2 V in 50 $\Omega$ | $10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$<br>$30 \cdot 10^{-3} \cdot T + 30 \text{ ps}$                              | ext. Triggersignal<br>erforderlich                         |
| Burst-Generator<br>Ausgangsspannung<br>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<br>Impulsdauer $T_r$                                       | 3 ns bis 1 $\mu\text{s}$  |   | $41 \cdot 10^{-3} \cdot T_r$   |  |
| Burstdauer und<br>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<br>Anstiegszeit $t_r$ der<br>Spitzenstromstärke               | 300 ps bis 3 ns   |   | $3 \% \cdot t_r + 15 \text{ ps}$   | Messbereich<br>bezogen auf die<br>Spitzenstromstärke $I_p$ |
| Entladestromstärke $I$  | 1,5 A bis 35 A  |   | $4,3 \% \cdot I + 0,15 \text{ A}$  |  |
| Stoßspannungs-<br>generator<br>Stirnzeit $t_{r,Us}$ der<br>Leerlaufspannung | 15 ns bis 100 ms  |   | $3 \% \cdot t_{r,Us} + 1 \text{ ns}$   |  |
| Stirnzeit $t_{r,Is}$ der<br>Kurzschluss-<br>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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen       |
|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Rückenhalfwertszeit<br>$t_H$ der Kurvenform  | 0,5 $\mu$ s bis 100 ms      |                                | 5 % $\cdot t_H$                |                   |
| Scheitelwert der<br>Leerlaufspannung $U_S$   | 0,1 kV bis 7 kV             |                                | 3,3 % $\cdot U_S$              |                   |
| Scheitelwert der<br>Kurzschluss-<br>stromstärke $I_S$  | 10 A bis 5 kA               |                                | 3,5 % $\cdot I_S$              |                   |
|  | > 5 kA bis 10 kA            |                                | 3,8 % $\cdot I_S$              |                   |
| Pulsförmige<br>Messgrößen *<br>Messempfänger<br>Anzeigeverhalten bei<br>Impulsen<br>Amplitudenbeziehung<br>(absolute Kalibrierung) |                             | EN 55016-1-1:2015              |                                |                   |
|  | 9 kHz bis 150 kHz           |                                | 0,35 dB                        | Band A            |
|  | > 150 kHz bis 30 MHz        |                                |                                | Band B            |
|  | > 30 MHz bis 300 MHz        |                                | 0,40 dB                        | Band C            |
|  | > 300 MHz bis 1 GHz         |                                |                                | Band D            |
| Änderung der Anzeige<br>mit der Pulsfrequenz<br>(relative Kalibrierung)  | Pulswiederholffrequenz      |                                |                                |                   |
|  | 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 /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| HF-Leistung<br>Eingangsleistung<br>und<br>Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Leistungs-<br>Messgeräten | 10 fW bis < 100 fW          | DC bis 2 GHz                   | $21 \cdot 10^{-3} \cdot P$     | PC Typ-N *)<br>bis 18 GHz<br>PC-3,5 mm *)<br>bis 33 GHz<br>PC-2,92 mm *)<br>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<br>Konnektoren<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit.                           |
|   |                             | > 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                 | $13 \cdot 10^{-3} \cdot P$     | P = Messwert (W)   |
|   |                             | > 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**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne  | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|--|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| HF-Leistung<br>Ausgangsleistung<br>und Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Quellen | 1 $\mu$ W bis < 10 $\mu$ W   | 8 kHz bis < 10 MHz             | $18 \cdot 10^{-3} \cdot P$     | PC Typ-N *)<br>bis 18 GHz<br>PC-3,5 mm *)<br>bis 33 GHz<br>PC-2,92 mm *)<br>bis 40 GHz<br>*) Andere<br>Konnektoren erhöhen<br>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            | $37 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |  |
|  | 10 $\mu$ W bis < 100 $\mu$ W | DC bis < 10 MHz                | $9,0 \cdot 10^{-3} \cdot P$    | $f \leq 5$ GHz:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,025$<br>5 GHz < $f \leq 20$ GHz:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,1$<br>20 GHz < $f \leq 33$ GHz:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,15$<br>33 GHz < $f \leq 40$ GHz:<br>$ \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            | $37 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |  |
|  | 100 $\mu$ W bis 0,1 W        | DC bis < 10 MHz                | $5,6 \cdot 10^{-3} \cdot P$    | $f$ = Frequenz (Hz)<br>$P$ = Messwert (W)<br>$ \Gamma_G $ =<br>Reflexionsfaktor des<br>Kalibriergegen-<br>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            | $39 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |  |
|  | > 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   |                              | $38 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |                                |  |
| > 70 W bis 250 W   | DC bis 500 MHz               | $37 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

| Betrag<br>[Γ] | 45 MHz bis<br>1 GHz | 1 GHz bis 3 GHz | 3 GHz bis<br>12 GHz | 12 GHz bis<br>18 GHz | 18 GHz bis<br>26,5 GHz | 26,5 GHz bis<br>33 GHz | 33 GHz bis<br>40 GHz | 40 GHz bis<br>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 Ω“

| Absolute<br>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<br>Dämpfung | 9 kHz bis 1 GHz     | 1 GHz bis 3 GHz     | 3 GHz bis 12 GHz    | 12 GHz bis 18 GHz   | 18 GHz bis<br>26,5 GHz | 26,5 GHz bis<br>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  $\phi$ ; 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  $\phi$ ; 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  $\phi$ ; 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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                                     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |           | Messbedingunge<br>n / Verfahren              | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|--|--|-----------|--|--------------------------------|--|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            |           |  |                                |  |
| optische<br>Strahlungsleistung<br>faseroptische<br>Leistungsmessgeräte | 1 µW bis                               | 0,5 mW    | 1310 nm, 1550 nm                             | 1,3 %                          | Konnektor FC, ST, SC,<br>SMA, HMS-10 oder<br>adaptierbar<br><br>abweichende<br>Wellenlängen (780 nm,<br>635 nm, 1625 nm)<br>interpoliert |
|  |  |           | 850 nm                                       | 2,2 %                          |  |
|  |  |           | 654 nm                                       | 2,2 %                          |  |
| Nichtlinearität<br>faseroptischer<br>Strahlungsempfänger               | 10 nW bis                              | 160 µW    | 1310 nm,<br>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 µW    |  | $6,0 \cdot 10^{-3}$ (0,026 dB) |  |
| Dämpfung oder<br>Verstärkung<br>faseroptischer<br>Komponenten          | 0 dB bis                               | 50 dB     | Wellenlängen:<br>1310 nm, 1550 nm,<br>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:<br>ca. 0,5 mW              | 0,5 nm                         |  |
|  | 700 nm bis                             | < 1250 nm |  | 2,5 pm                         |  |
|  | 1250 nm bis                            | 1700 nm   |  | 2 pm                           |  |

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

**Photometrie**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand      | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen   |
| Transmissionsfilter<br>Transmission $T$ | 16 % bis 60 %   | QMH Kapitel XXXIV v4.0<br>Nennwerte in den<br>Trübungswerten der<br>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<br>> 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 $k$<br>berechnet aus dem<br>Trübungsgrad $N$ .<br>Unsicherheitsintervall<br>$U(k)$ berechnet aus<br>dem Unsicherheits-<br>intervall des<br>Trübungsgrads $U(N)$ .<br>Andere<br>Messkammerlängen<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit. |
| Beleuchtungsstärke $E$                  | 0 lx  | QMH XXXI  | 0,01 lx   | Referenz-Null   |
|   | 900 lx bis 2000 lx  |   | $1,7 \% \cdot E$  | Normlicht   |
|   | $\geq 5$ lx bis < 10 klx  |   | $1,9 \% \cdot E$  | LED-Licht   |
|   | $\geq 10$ klx bis 110 klx   |   | $9,0 \cdot 10^{-8} \cdot E^2 / \text{lx}$<br>$+ 0,02 \cdot E - 13 \text{ lx}$ |   |

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

**Dimensionelle Messgrößen**  
**Länge und Winkel**

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Eichenau**

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

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

**Elektrische Messgrößen**  
**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |  | Bemerkungen                  |  |
|------------------------------------|--|--------------------------------|--|------------------------------|--|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |                              |  |
| Gleichspannung<br>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<br>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<br>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 /<br>Kalibriergegenstand     | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren        | Erweiterte<br>Messunsicherheit           | Bemerkungen  |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|--------------|
| Wechselspannung<br>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   |              |
|  | > 100 mV bis 1 V            | > 300 kHz bis 1 MHz                   | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ 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  |              |
|  | > 1 V bis 10 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     |              |
|  |                             | 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   |              |
|  | > 10 V bis 100 V            | > 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 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 |  |              |
| > 100 V bis 1000 V                     | > 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  |  |              |
|  | 50 Hz bis 1 kHz             | $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV  |  |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Bemerkungen  |
|--|--|---|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |              |
| Wechselspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Bemerkungen           |
|--|--|---|--|-----------------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                              | Erweiterte<br>Messunsicherheit                       |                       |
| Wechselspannung<br>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<br>Rechteckspannung    | $0,38 \text{ } \mu\text{V}$ bis 3,2 mV<br>Siehe Matrix BM.1 |  |                       |
| Hochspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                         | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |   | Bemerkungen  |
|--|--|--------------------------------|---|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Gleichstromstärke<br>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<br>Stromzangen und<br>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**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand        | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |   | Bemerkungen  |
|---|--|---|---|--------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Wechselstromstärke<br>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   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35$ nA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 1 kHz   | $0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34$ nA  |              |
|   | > 100 $\mu$ A bis 1 mA                 | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 1 mA bis 10 mA                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 10 mA bis 100 mA                     | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20$ $\mu$ A   |              |
|   | > 100 mA bis 1 A                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ mA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33$ mA  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21$ mA   |              |
| Wechselstromstärke<br>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<br>Stromzangenwandler     | 1 mA bis 1100 A                        | 1 bis N Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 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 $\Omega$<br>DC bis 60 Hz                     | $17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>Siehe Matrix BM.2 |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |                                |   | Bemerkungen  |  |
|---|---|--------------------------------|---|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |  |  |
| Gleichstromwiderstand<br>Festwerte  | 0 Ω   | 2-Draht Kurzschluss            | 0,5 mΩ  | R = Messwert   |  |
|   |   | 4-Draht-Kurzschluss            | 0,35 μΩ   |  |  |
|   | 100 μΩ<br>1 mΩ<br>10 mΩ<br>100 mΩ   |                                |   | 0,45 · 10 <sup>-3</sup> · R  | Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,10 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;         |   |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 23 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 14 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 9,5 · 10 <sup>-6</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 11 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 15 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 31 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
| 100 · 10 <sup>-6</sup> · R  |   |                                |   |  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;<br>1 GΩ |   |                                | 76 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 20 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 17 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 13 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 19 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 70 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,59 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 5,9 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
| Messgeräte  | 0 bis < 11 Ω<br>11 Ω bis < 110 Ω<br>110 Ω bis < 110 kΩ<br>110 kΩ bis < 1,1 MΩ<br>1,1 MΩ bis < 3,3 MΩ<br>3,3 MΩ bis < 11 MΩ<br>11 MΩ bis < 33 MΩ<br>33 MΩ bis < 110 MΩ<br>110 MΩ bis < 330 MΩ<br>330 MΩ bis < 1,1 GΩ |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 35 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 28 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 32 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 60 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,25 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,5 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 3 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 15 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz)   | 500 μΩ bis 45 kΩ  | 10 Hz bis 10 kHz               | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$  | R = Messwert<br>U <sub>1</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>U <sub>U</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Spannung<br>am Widerstand |  |
|   |   |                                | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>bis<br>1,7 · 10 <sup>-3</sup> · R<br><br>Siehe Matrix BM.3 |  |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                | Bemerkungen  |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                             | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |
| Induktivität<br>Festwerte          | 0 µH                                   | 2-Draht-Kurzschluss  | 0,03 µH                        | L = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>50 mΩ ≤  Z  ≤ 11 kΩ |
|                                    | 100 µH                                 | 100 Hz   | 0,54 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    | 1 mH                                   | 100 Hz   | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
| 10 mH                              | 100 Hz;<br>1 kHz; 10 kHz               | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,16 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 100 mH                             | 100 Hz; 1 kHz<br>10 kHz                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 1 H                                | 100 Hz, 1 kHz                          | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · L                                |                                |  |
| Kapazität<br>Festwerte             | 0 pF                                   |  | 0,2 pF                         | Leerlauf   |
|                                    | 1 pF                                   | 1 kHz  | 0,63 · 10 <sup>-3</sup> · C    | C = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>1 Ω ≤  Z  ≤ 110 MΩ  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 10 pF                                  | 1 kHz  | 42 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 10 kHz;  | 53 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 100 kHz  | 88 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 1 MHz  | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 100 pF                                 | 1 kHz  | 39 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    | 1 nF                                   | 1 kHz  | 71 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
| 100 kHz                            |  | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 10 nF                              | 100 Hz                                 | 0,49 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz                                  | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,23 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 100 nF                             | 100 Hz;                                | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz;                                 | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 1 µF                               | 100 Hz; 1 kHz                          | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C<br>0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Berlin**

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

**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 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 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 |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| Länge<br>Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße * | 0 mm bis 500 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 9.1:2006  | $20 \mu m + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$ | /: Messwert |
| Bügelmessschrauben *                                      | 0 mm bis 300 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 10.1:2001 | $2 \mu m + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$   |             |

**Elektrische Messgrößen**

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen                  |  |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|--|
| Gleichspannung<br>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<br>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<br>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 /<br>Kalibriergegenstand     | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren        | Erweiterte<br>Messunsicherheit           | Bemerkungen  |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|--------------|
| Wechselspannung<br>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   |              |
|  | > 100 mV bis 1 V            | > 300 kHz bis 1 MHz                   | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ 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  |              |
|  | > 1 V bis 10 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     |              |
|  |                             | 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   |              |
|  | > 10 V bis 100 V            | > 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 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 |  |              |
| > 100 V bis 1000 V                     | > 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  |  |              |
|  | 50 Hz bis 1 kHz             | $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV  |  |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |  | Bemerkungen  |
|--|--|--|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                 | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |              |
| Wechselspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |  | Bemerkungen           |
|--|--|--|--|-----------------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                               | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |                       |
| Wechselspannung<br>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   | $65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \mu\text{V}$    |                       |
|  |  | > 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<br>Rechteckspannung    | $0,38 \mu\text{V}$ bis $3,2 \text{ mV}$<br>Siehe Matrix MM.1 |  |                       |
| Hochspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                         | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |   | Bemerkungen  |
|--|--|--------------------------------|---|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Gleichstromstärke<br>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<br>Stromzangen und<br>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**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand        | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |   | Bemerkungen  |
|---|--|---|---|--------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Wechselstromstärke<br>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   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35$ nA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 1 kHz   | $0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34$ nA  |              |
|   | > 100 $\mu$ A bis 1 mA                 | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 1 mA bis 10 mA                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 10 mA bis 100 mA                     | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20$ $\mu$ A   |              |
|   | > 100 mA bis 1 A                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ mA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33$ mA  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21$ mA   |              |
| Wechselstromstärke<br>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<br>Stromzangenwandler     | 1 mA bis 1100 A                        | 1 bis N Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 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 $\Omega$<br>DC bis 60 Hz                     | $17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>Siehe Matrix MM.2 |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |                                |  | Bemerkungen  |
|------------------------------------|---|--------------------------------|--|--------------|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit   |              |
| Gleichstromwiderstand<br>Festwerte | 0 Ω   | 2-Draht Kurzschluss            | 0,5 mΩ   | R = Messwert |
|                                    |   | 4-Draht-Kurzschluss            | 0,35 μΩ  |              |
|                                    | 100 μΩ<br>1 mΩ<br>10 mΩ<br>100 mΩ   |                                | 0,45 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,10 · 10 <sup>-3</sup> · R   |              |
|                                    | 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;   |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>23 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>14 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>9,5 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>11 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>15 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>31 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>100 · 10 <sup>-6</sup> · R                                |              |
|                                    | 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;<br>1 GΩ   |                                | 76 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>20 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>17 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>13 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>19 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>70 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>0,59 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>5,9 · 10 <sup>-3</sup> · R  |              |
|                                    | 0 bis < 11 Ω<br>11 Ω bis < 110 Ω<br>110 Ω bis < 110 kΩ<br>110 kΩ bis < 1,1 MΩ<br>1,1 MΩ bis < 3,3 MΩ<br>3,3 MΩ bis < 11 MΩ<br>11 MΩ bis < 33 MΩ<br>33 MΩ bis < 110 MΩ<br>110 MΩ bis < 330 MΩ<br>330 MΩ bis < 1,1 GΩ |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>35 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>28 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>32 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>60 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>0,13 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,25 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,5 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>3 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>15 · 10 <sup>-3</sup> · R |              |
|                                    | 500 μΩ bis 45 kΩ  | 10 Hz bis 10 kHz               | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$<br><br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>bis<br>1,7 · 10 <sup>-3</sup> · R<br><br>Siehe Matrix MM.3  |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                | Bemerkungen  |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                             | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |
| Induktivität<br>Festwerte          | 0 µH                                   | 2-Draht-Kurzschluss  | 0,03 µH                        | L = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>50 mΩ ≤  Z  ≤ 11 kΩ |
|                                    | 100 µH                                 | 100 Hz   | 0,54 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    | 1 mH                                   | 100 Hz   | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
| 10 mH                              | 100 Hz;<br>1 kHz; 10 kHz               | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,16 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 100 mH                             | 100 Hz; 1 kHz<br>10 kHz                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 1 H                                | 100 Hz, 1 kHz                          | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · L                                |                                |  |
| Kapazität<br>Festwerte             | 0 pF                                   |  | 0,2 pF                         | Leerlauf   |
|                                    | 1 pF                                   | 1 kHz  | 0,63 · 10 <sup>-3</sup> · C    | C = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>1 Ω ≤  Z  ≤ 110 MΩ  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 10 pF                                  | 1 kHz  | 42 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 10 kHz;  | 53 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 100 kHz  | 88 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 1 MHz  | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 100 pF                                 | 1 kHz  | 39 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    | 1 nF                                   | 1 kHz  | 71 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
| 100 kHz                            |  | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 10 nF                              | 100 Hz                                 | 0,49 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz                                  | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,23 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 100 nF                             | 100 Hz;                                | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz;                                 | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 1 µF                               | 100 Hz; 1 kHz                          | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C<br>0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Mannheim**

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

**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 $\mu A$   | 20             | 60 $\mu A$                | 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 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| $2,2 \cdot 10^{-3} A$          | 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 Mannheim**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen                  |  |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|--|
| Gleichspannung<br>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<br>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<br>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 /<br>Kalibriergegenstand     | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren        | Erweiterte<br>Messunsicherheit           | Bemerkungen  |
|--|-----------------------------|---------------------------------------|--|--------------|
| Wechselspannung<br>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   |              |
|  | > 100 mV bis 1 V            | > 300 kHz bis 1 MHz                   | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ 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  |              |
|  | > 1 V bis 10 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     |              |
|  |                             | 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   |              |
|  | > 10 V bis 100 V            | > 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 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 |  |              |
| > 100 V bis 1000 V                     | > 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  |  |              |
|  | 50 Hz bis 1 kHz             | $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV  |  |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen  |
|--|-----------------------------|---|--|--------------|
| Wechselspannung<br>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 /<br>Kalibriergegenstand     | Messbereich /<br>Messspanne         | Messbedingungen /<br>Verfahren                               | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen           |
|--|-------------------------------------|--|--|-----------------------|
| Wechselspannung<br>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   | $65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \mu\text{V}$    |                       |
|  |                                     | > 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<br>Rechteckspannung | $0,38 \mu\text{V}$ bis $3,2 \text{ mV}$<br>Siehe Matrix NM.1 |  |                       |
| Hochspannung<br>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**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand        | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen  |
|---|-----------------------------|---|---|--------------|
| Wechselstromstärke<br>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   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35$ nA   |              |
|   |                             | > 45 Hz bis 1 kHz   | $0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34$ nA  |              |
|   | > 100 $\mu$ A bis 1 mA      | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A  |              |
|   |                             | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A   |              |
|   |                             | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 1 mA bis 10 mA            | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A   |              |
|   |                             | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A  |              |
|   |                             | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 10 mA bis 100 mA          | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A  |              |
|   |                             | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A   |              |
|   |                             | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20$ $\mu$ A   |              |
|   | > 100 mA bis 1 A            | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ mA   |              |
|   |                             | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33$ mA  |              |
|   |                             | > 100 Hz bis 5 kHz  | $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21$ mA   |              |
| Wechselstromstärke<br>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<br>Stromzangenwandler     | 1 mA bis 1100 A             | 1 bis N Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 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 $\Omega$<br>DC bis 60 Hz                     | $17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>Siehe Matrix NM.2 |              |

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

Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen  |  |
|---|---|--------------------------------|---|--|--|
| Gleichstromwiderstand<br>Festwerte  | 0 Ω   | 2-Draht Kurzschluss            | 0,5 mΩ  | R = Messwert   |  |
|   |   | 4-Draht-Kurzschluss            | 0,35 μΩ   |  |  |
|   | 100 μΩ<br>1 mΩ<br>10 mΩ<br>100 mΩ   |                                |   | 0,45 · 10 <sup>-3</sup> · R  | Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,10 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;         |   |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 23 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 14 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 9,5 · 10 <sup>-6</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 11 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 15 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 31 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
| 100 · 10 <sup>-6</sup> · R  |   |                                |   |  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;<br>1 GΩ |   |                                | 76 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 20 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 17 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 13 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 19 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 70 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,59 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 5,9 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
| Messgeräte  | 0 bis < 11 Ω<br>11 Ω bis < 110 Ω<br>110 Ω bis < 110 kΩ<br>110 kΩ bis < 1,1 MΩ<br>1,1 MΩ bis < 3,3 MΩ<br>3,3 MΩ bis < 11 MΩ<br>11 MΩ bis < 33 MΩ<br>33 MΩ bis < 110 MΩ<br>110 MΩ bis < 330 MΩ<br>330 MΩ bis < 1,1 GΩ |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 35 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 28 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 32 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 60 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,25 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,5 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 3 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
| 15 · 10 <sup>-3</sup> · R   |   |                                |   |  |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz)   | 500 μΩ bis 45 kΩ  | 10 Hz bis 10 kHz               | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$  | R = Messwert<br>U <sub>1</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>U <sub>U</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Spannung<br>am Widerstand |  |
|   |   |                                | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>bis<br>1,7 · 10 <sup>-3</sup> · R<br><br>Siehe Matrix NM.3 |  |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                               | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|--|
| Induktivität<br>Festwerte          | 0 µH                        | 2-Draht-Kurzschluss  | 0,03 µH                        |  |
|                                    | 100 µH                      | 100 Hz   | $0,54 \cdot 10^{-3} \cdot L$   | L = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>$50 \text{ m}\Omega \leq  Z  \leq 11 \text{ k}\Omega$ |
|                                    |                             | 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;<br>1 kHz; 10 kHz    | $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$<br>$0,16 \cdot 10^{-3} \cdot L$ |                                |  |
| 100 mH                             | 100 Hz; 1 kHz<br>10 kHz     | $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot L$<br>$0,28 \cdot 10^{-3} \cdot L$ |                                |  |
| 1 H                                | 100 Hz, 1 kHz               | $0,20 \cdot 10^{-3} \cdot L$                                 |                                |  |
| Kapazität<br>Festwerte             | 0 pF                        |  | 0,2 pF                         | Leerlauf   |
|                                    | 1 pF                        | 1 kHz  | $0,63 \cdot 10^{-3} \cdot C$   | C = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>$1 \Omega \leq  Z  \leq 110 \text{ M}\Omega$          |
|                                    |                             | 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 µF                               | 100 Hz; 1 kHz               | $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$<br>$0,13 \cdot 10^{-3} \cdot C$ |                                |  |
|                                    | 10 kHz                      | $0,29 \cdot 10^{-3} \cdot C$                                 |                                |  |

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<br>Messgeräte            | 0 W bis 21 kW  | 0 mV bis 1020 V<br>0 µA bis 20,5 A   | $\sqrt{W_U^2 + W_I^2} \cdot P$<br>$0,21 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $0,70 \cdot 10^{-3} \cdot P$  | $P =$ Messwert   |
|  | bei Zangenabgriff                                    | 0 W bis 300 kW   | 0 V bis 330 V<br>0 mA bis 1000 A   | $\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot P$   |
| Wechselstromwirkleistung<br>Messgeräte       | 0,11 mW bis 21 kW                                    | $PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz<br>33 mV bis 1020 V<br>3,3 mA bis 20 A                                    | $0,7 \cdot 10^{-3} \cdot P$ bis $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$                                      | $P =$ Messwert<br>$PF =$ Leistungsfaktor (kapazitiv oder induktiv)   |
|  | 15 W; 60 W; 100 W; 400 W;<br>500 W; 1 kW; 2 kW; 4 kW | $PF = 1$ ; 45 Hz bis 65 Hz<br>50 V; 200 V<br>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; $PF = 1$<br>23 V bis 1020 V<br>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<br>220 V; 1 A<br>$PF = 1$  | $0,16 \cdot 10^{-3} \cdot P$   |  |
|  | 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<br>330 mA bis < 3 A<br>45 Hz bis 65 Hz<br>$0,05 \leq PF < 1$<br>Induktiv, kapazitiv   | $0,22 W$   |  |
| bei Zangenabgriff                            | 0,5 W bis 218 kW                                     | 33 V bis 330 V<br>10 mA bis 660 A<br>45 Hz bis 65 Hz<br>$0,05 \leq PF \leq 1$<br>1 bis 60 Wicklungen | $\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot P$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$0,4 \cdot 10^{-3} \cdot P$ | $W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Wirkleistung der Einfachwicklung. Die relative Unsicherheit des Messobjekts $W_{DUT}$ im Messkreis und im Streufeld des stromdurchflossenen Leiters ist zu berücksichtigen. |
| Leistungsfaktor                              | 0 bis 0,4  | 33 V bis 330 V<br>330 mA bis 2,2 A<br>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-<br>blindleistung<br>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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen  |
|--|---|--|---|--|
| Frequenz $f$<br>Messung und Synthese   | 0,01 Hz bis 18 GHz  |  | $0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{Tr}$  | $U_{Tr}$ :<br>Triggerunsicherheit  |
| Zeitintervall $\Delta t$   | 0 ns bis 0,7 ms<br>2 ns bis 100 s<br>1 s bis 100 h  |  | 1,2 ns<br>$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$<br>$14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{Tr}$  |  |
| Drehzahl   | $0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$  |  | $3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$   |  |
| Oszilloskop<br>Vertikal  | 0 V bis 5 V<br>5 V bis 130 V  | DC bis 10 kHz  | $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \mu\text{V}$<br>$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \mu\text{V}$  | $U$ : Messwert   |
| Oszilloskop<br>Horizontal  | 1 ns bis < 100 ns<br>100 ns bis 20 ms<br>> 20 ms bis 5 s  |  | $0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$<br>$3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$<br>$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$  | $T$ = Messwert   |
| Oszilloskope<br>Bandbreite $f$<br>(Frequenzgang)                                     | 50 kHz<br>> 50 kHz bis 100 MHz<br>> 100 MHz bis 300 MHz<br>> 300 MHz bis 600 MHz<br>> 600 MHz bis 1,1 GHz<br>> 1,1 GHz bis 2 GHz<br>> 2 GHz bis 4 GHz |  | $3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ | $f$ = Messwert   |
| Frequenz $f$<br>Zeitbasis  | 10 MHz  |  | $0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$   |  |
| Anstiegszeit<br>Oszilloskope   | 50 ps bis 1 ms<br>1 ns bis 1 ms   | 0,05 V bis 1,2 V<br>0,1 bis 3 V  | $4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$  |  |
| Anstiegszeit<br>Generatoren, Pulse   | 0,5 ns bis < 2,5 ns<br>2,5 ns bis 5 ms  |  | $28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$  |  |
| HF-Leistung<br>Ausgangsleistung<br>und Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Quellen         | 10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW  | DC bis 50 MHz<br>50 MHz bis 4 GHz<br>4 GHz bis 12 GHz<br>12 GHz bis 18 GHz | $9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$36 \cdot 10^{-3} \cdot P$   | N-Konnektor, 50 Ohm<br>$ \Gamma_G  \leq 0,035$<br>$f \leq 4 \text{ GHz}$<br>$ \Gamma_G  \leq 0,056$<br>$f \leq 12 \text{ GHz}$<br>$ \Gamma_G  \leq 0,075$<br>$f \leq 18 \text{ GHz}$<br>andere Konnektoren<br>und<br>Reflexionsfaktoren<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
| HF-Spannung $U_{HF}$<br>Quellen mit HF-<br>Spannungsanzeige<br>bezüglich 50 $\Omega$ | 22 mV bis 2 V   | DC bis 18 MHz  | $W(U_{HF}) = \frac{W(P)}{2}$  | $W(P)$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Leistung<br>an $Z_0 = 50 \Omega$   |

**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 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 $\mu\text{A}/\text{A}$ |               |                |              |                   |                | Stromstärke   $U$ in $\text{mA}/\text{A}$ |    |                  |    |                   |     |       |     |
| 60 V                   | 60 mA   | 12            | 6 mA           | 12           | 600 $\mu\text{A}$ | 12             | 60 $\mu\text{A}$                          | 20 | 6 $\mu\text{A}$  | 71 | 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 $\mu\text{A}$ |     |       |     |
| 230 V                  | 230 mA  |               | 23 mA          |              | 2,3 mA            |                | 230 $\mu\text{A}$                         |    | 23 $\mu\text{A}$ |    | 2,3 $\mu\text{A}$ |     |       |     |
| 400 V                  | 400 mA  |               | 40 mA          |              | 4 mA              |                | 400 $\mu\text{A}$                         |    | 40 $\mu\text{A}$ |    | 4,0 $\mu\text{A}$ |     |       |     |

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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                | Bemerkungen                        |
|---|--|---|--|---|------------------------------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren  |  |   |                                    |
| <b>Länge</b><br>Messschieber für<br>Außen-, Innen- und<br>Tiefenmaße *  | 0 mm bis 500 mm                        | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 9.1:2006  |  | $20 \mu\text{m} + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$   | l: Messwert                        |
| Bügelmessschrauben *  | 0 mm bis 300 mm                        | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 10.1:2001   |  | $2 \mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$     |                                    |
| Zylindrische Normale<br>Ringe *<br>Durchmesser  | 1 mm bis 90 mm                         | VDI/VDE/DGQ<br>2618 Blatt 4.1:2006<br>Option 3  |  | $0,9 \mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot d$  | d ist der gemessene<br>Durchmesser |
| Lehrdorne *<br>Durchmesser  | 1 mm bis 120 mm                        | VDI/VDE/DGQ<br>2618 Blatt 4.1:2006<br>Option 3  |  | $0,6 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$ |                                    |
| Prüfstifte *<br>Durchmesser   | 1 mm bis 120 mm                        | VDI/VDE/DGQ<br>2618 Blatt 4.2:2007<br>Option 1  |  | $0,6 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$ |                                    |
| Gewindelehren *<br>(ein- und mehrgängige<br>zylindrische Außen- und<br>Innengewinde mit<br>geradlinigen Flanken,<br>symmetrischem Profil,<br>Nennsteigung und<br>Nennprofilwinkel)<br>Außengewinde<br>Einfacher<br>Flankendurchmesser | 1 mm bis 120 mm                        | VDI/VDE/DGQ<br>2618 Blatt 4.8:2006<br>Option 1<br>Dreidrahtmethode<br>(senkrecht zur<br>Gewindeachse) |  | $2,9 \mu\text{m} + 7,7 \cdot 10^{-6} \cdot d$ |                                    |
| Innengewinde<br>Einfacher<br>Flankendurchmesser   |  | VDI/VDE/DGQ<br>2618 Blatt 4.9:2006<br>Option 1<br>Zweikugelmethode<br>(senkrecht zur<br>Gewindeachse) |  | $2,6 \mu\text{m} + 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot d$ |                                    |

**Elektrische Messgrößen**

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen                  |  |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|--|
| Gleichspannung<br>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<br>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<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                       |  | Bemerkungen  |
|--|--|---------------------------------------|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren        | Erweiterte<br>Messunsicherheit           |              |
| Wechselspannung<br>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   |              |
|  | > 100 mV bis 1 V                       | > 300 kHz bis 1 MHz                   | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ 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  |              |
|  | > 1 V bis 10 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     |              |
|  |  | 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   |              |
|  | > 10 V bis 100 V                       | > 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 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 |  |              |
| > 100 V bis 1000 V                     | > 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  |  |              |
|  | 50 Hz bis 1 kHz                        | $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV  |  |              |

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Bemerkungen  |
|--|--|---|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |              |
| Wechselspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |  | Bemerkungen           |
|--|--|--|--|-----------------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                               | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |                       |
| Wechselspannung<br>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   | $65 \cdot 10^{-6} \cdot U + 60 \mu\text{V}$    |                       |
|  |  | > 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<br>Rechteckspannung    | $0,38 \mu\text{V}$ bis $3,2 \text{ mV}$<br>Siehe Matrix SM.1 |  |                       |
| Hochspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                         | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |   | Bemerkungen  |
|--|--|--------------------------------|---|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Gleichstromstärke<br>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<br>Stromzangen und<br>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**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand        | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |   | Bemerkungen  |
|---|--|---|---|--------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Wechselstromstärke<br>Quellen             | 5 µA bis 1 A                           | 20 Hz bis 5 kHz   | 35 nA bis 13 mA   | I = Messwert |
|   | 5 µA bis 100 µA                        | 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 µA bis 1 mA                      | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ µA}$                                       |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23 \text{ µA}$                                      |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2 \text{ µA}$                                       |              |
|   | > 1 mA bis 10 mA                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \text{ µA}$  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3 \text{ µA}$                                       |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ µA}$   |              |
|   | > 10 mA bis 100 mA                     | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \text{ µA}$   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23 \text{ µA}$  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20 \text{ µA}$  |              |
|   | > 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<br>Quellen, Messgeräte | 10 mA bis 500 A                        |   | 3 µA 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<br>Stromzangenwandler     | 1 mA bis 1100 A                        | 1 bis N Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 1 kHz bis 10 kHz/N | $4 \cdot 10^{-3} \cdot I$   | I = Messwert |
| Ersatzableitstromstärke                   | 0,2 µA bis 200 mA                      | an $R_N$ bis 1 GΩ<br>DC bis 60 Hz                             | $17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>Siehe Matrix SM.2 |              |

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

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand              | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |                                |  | Bemerkungen  |
|---|---|--------------------------------|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit   |  |
| Gleichstromwiderstand<br>Festwerte              | 0 Ω   | 2-Draht Kurzschluss            | 0,5 mΩ   | R = Messwert   |
|   |   | 4-Draht-Kurzschluss            | 0,35 μΩ  |  |
|   | 100 μΩ<br>1 mΩ<br>10 mΩ<br>100 mΩ   |                                | 0,45 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,10 · 10 <sup>-3</sup> · R   | Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit   |
|   | 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;   |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>23 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>14 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>9,5 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>11 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>15 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>31 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>100 · 10 <sup>-6</sup> · R                                |  |
|   | 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;<br>1 GΩ   |                                | 76 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>20 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>17 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>10 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>13 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>19 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>70 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>0,59 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>5,9 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
| Messgeräte                                      | 0 bis < 11 Ω<br>11 Ω bis < 110 Ω<br>110 Ω bis < 110 kΩ<br>110 kΩ bis < 1,1 MΩ<br>1,1 MΩ bis < 3,3 MΩ<br>3,3 MΩ bis < 11 MΩ<br>11 MΩ bis < 33 MΩ<br>33 MΩ bis < 110 MΩ<br>110 MΩ bis < 330 MΩ<br>330 MΩ bis < 1,1 GΩ |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>35 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>28 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>32 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>60 · 10 <sup>-6</sup> · R<br>0,13 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,25 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>0,5 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>3 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>15 · 10 <sup>-3</sup> · R |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz) | 500 μΩ bis 45 kΩ  | 10 Hz bis 10 kHz               | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$<br><br>0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>bis<br>1,7 · 10 <sup>-3</sup> · R<br><br>Siehe Matrix SM.3  | R = Messwert<br>U <sub>1</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>U <sub>U</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Spannung<br>am Widerstand |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                | Bemerkungen  |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                             | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |
| Induktivität<br>Festwerte          | 0 µH                                   | 2-Draht-Kurzschluss  | 0,03 µH                        | L = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>50 mΩ ≤  Z  ≤ 11 kΩ |
|                                    | 100 µH                                 | 100 Hz   | 0,54 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    | 1 mH                                   | 100 Hz   | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
| 10 mH                              | 100 Hz;<br>1 kHz; 10 kHz               | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,16 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 100 mH                             | 100 Hz; 1 kHz<br>10 kHz                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 1 H                                | 100 Hz, 1 kHz                          | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · L                                |                                |  |
| Kapazität<br>Festwerte             | 0 pF                                   |  | 0,2 pF                         | Leerlauf   |
|                                    | 1 pF                                   | 1 kHz  | 0,63 · 10 <sup>-3</sup> · C    | C = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>1 Ω ≤  Z  ≤ 110 MΩ  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 10 pF                                  | 1 kHz  | 42 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 10 kHz;  | 53 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 100 kHz  | 88 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 1 MHz  | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 100 pF                                 | 1 kHz  | 39 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    | 1 nF                                   | 1 kHz  | 71 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
| 100 kHz                            |  | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 10 nF                              | 100 Hz                                 | 0,49 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz                                  | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,23 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 100 nF                             | 100 Hz;                                | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz;                                 | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 1 µF                               | 100 Hz; 1 kHz                          | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C<br>0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |  |   | Bemerkungen  |
|--|---|--|---|--|
|  | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |  |
| Frequenz $f$<br>Messung und Synthese   | 0,01 Hz bis 18 GHz  |  | $0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{Tr}$  | $U_{Tr}$ :<br>Triggerunsicherheit  |
| Zeitintervall $\Delta t$   | 0 ns bis 0,7 ms<br>2 ns bis 100 s<br>1 s bis 100 h  |  | 1,2 ns<br>$1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + 50 \text{ ps}$<br>$14 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t + U_{Tr}$  |  |
| Drehzahl   | $0,02 \text{ s}^{-1}$ bis $18000 \text{ s}^{-1}$  |  | $3,7 \cdot 10^{-6} \cdot f$   |  |
| Oszilloskop<br>Vertikal  | 0 V bis 5 V<br>5 V bis 130 V  | DC bis 10 kHz  | $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 66 \text{ } \mu\text{V}$<br>$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 44 \text{ } \mu\text{V}$  | $U$ : Messwert   |
| Oszilloskop<br>Horizontal  | 1 ns bis < 100 ns<br>100 ns bis 20 ms<br>> 20 ms bis 5 s  |  | $0,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 60 \text{ fs}$<br>$3,1 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ fs}$<br>$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 29 \cdot 10^{-6} \cdot T$  | $T$ = Messwert   |
| Oszilloskope<br>Bandbreite $f$<br>(Frequenzgang)                                     | 50 kHz<br>> 50 kHz bis 100 MHz<br>> 100 MHz bis 300 MHz<br>> 300 MHz bis 600 MHz<br>> 600 MHz bis 1,1 GHz<br>> 1,1 GHz bis 2 GHz<br>> 2 GHz bis 4 GHz |  | $3,3 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$2,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$3,1 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$5,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$6,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$6,8 \cdot 10^{-2} \cdot f$<br>$9,5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ | $f$ = Messwert   |
| Frequenz $f$<br>Zeitbasis  | 10 MHz  |  | $0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$   |  |
| Anstiegszeit<br>Oszilloskope   | 50 ps bis 1 ms<br>1 ns bis 1 ms   | 0,05 V bis 1,2 V<br>0,1 bis 3 V  | $4 \text{ ps} + 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$2,5 \text{ ps} + 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot T$  |  |
| Anstiegszeit<br>Generatoren, Pulse   | 0,5 ns bis < 2,5 ns<br>2,5 ns bis 5 ms  |  | $28 \text{ ps} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$13 \text{ ps} + 28 \cdot 10^{-3} \cdot T$  |  |
| HF-Leistung<br>Ausgangsleistung<br>und Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Quellen         | 10 $\mu\text{W}$ bis 80 mW  | DC bis 50 MHz<br>50 MHz bis 4 GHz<br>4 GHz bis 12 GHz<br>12 GHz bis 18 GHz | $9,5 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$14 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$22 \cdot 10^{-3} \cdot P$<br>$36 \cdot 10^{-3} \cdot P$   | N-Konnektor, 50 Ohm<br>$ \Gamma_G  \leq 0,035$<br>$f \leq 4 \text{ GHz}$<br>$ \Gamma_G  \leq 0,056$<br>$f \leq 12 \text{ GHz}$<br>$ \Gamma_G  \leq 0,075$<br>$f \leq 18 \text{ GHz}$<br>andere Konnektoren<br>und<br>Reflexionsfaktoren<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
| HF-Spannung $U_{HF}$<br>Quellen mit HF-<br>Spannungsanzeige<br>bezüglich 50 $\Omega$ | 22 mV bis 2 V   | DC bis 18 MHz  | $W(U_{HF}) = \frac{W(P)}{2}$  | $W(P)$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Leistung<br>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  | 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 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 |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---|-------------|
| Länge<br>Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße * | 0 mm bis 500 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 9.1:2006  | $20 \mu\text{m} + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$ | /: Messwert |
| Bügelmessschrauben *                                      | 0 mm bis 300 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 10.1:2001 | $2 \mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$   |             |

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen                  |  |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|--|
| Gleichspannung<br>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<br>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<br>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 Wien**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                       |  | Bemerkungen  |
|--|--|---------------------------------------|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren        | Erweiterte<br>Messunsicherheit           |              |
| Wechselspannung<br>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   |              |
|  | > 100 mV bis 1 V                       | > 300 kHz bis 1 MHz                   | $12 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu$ 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  |              |
|  | > 1 V bis 10 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     |              |
|  |  | 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   |              |
|  | > 10 V bis 100 V                       | > 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 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 |  |              |
| > 100 V bis 1000 V                     | > 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  |  |              |
|  | 50 Hz bis 1 kHz                        | $0,46 \cdot 10^{-3} \cdot U + 16$ mV  |  |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |  | Bemerkungen  |
|--|--|--|--|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                 | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 |              |
| Wechselspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |  | Bemerkungen           |
|--|--|---|--|-----------------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                       |                       |
| Wechselspannung<br>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<br>Rechteckspannung    | $0,38 \text{ } \mu\text{V}$ bis $3,2 \text{ mV}$<br>Siehe Matrix WM.1 |  |                       |
| Hochspannung<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                         | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |   | Bemerkungen  |
|--|--|--------------------------------|---|--------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Gleichstromstärke<br>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<br>Stromzangen und<br>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**

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand        | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |   | Bemerkungen  |
|---|--|---|---|--------------|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                                | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |              |
| Wechselstromstärke<br>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   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 35$ nA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 1 kHz   | $0,76 \cdot 10^{-3} \cdot I + 34$ nA  |              |
|   | > 100 $\mu$ A bis 1 mA                 | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 1 mA bis 10 mA                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,3$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2$ $\mu$ A  |              |
|   | > 10 mA bis 100 mA                     | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A  |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,71 \cdot 10^{-3} \cdot I + 23$ $\mu$ A   |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $0,73 \cdot 10^{-3} \cdot I + 20$ $\mu$ A   |              |
|   | > 100 mA bis 1 A                       | 20 Hz bis 45 Hz   | $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,23$ mA   |              |
|   |  | > 45 Hz bis 100 Hz  | $0,83 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,33$ mA  |              |
|   |  | > 100 Hz bis 5 kHz  | $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,21$ mA   |              |
| Wechselstromstärke<br>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<br>Stromzangenwandler     | 1 mA bis 1100 A                        | 1 bis N Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 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 $\Omega$<br>DC bis 60 Hz                     | $17 \cdot 10^{-6} \cdot I$ bis $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>Siehe Matrix WM.2 |              |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)  |   |                                |   |  |  |
|---|---|--------------------------------|---|--|--|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen  |  |
| Gleichstromwiderstand<br>Festwerte  | 0 Ω   | 2-Draht Kurzschluss            | 0,5 mΩ  | R = Messwert   |  |
|   |   | 4-Draht-Kurzschluss            | 0,35 μΩ   |  |  |
|   | 100 μΩ<br>1 mΩ<br>10 mΩ<br>100 mΩ   |                                |   | 0,45 · 10 <sup>-3</sup> · R  | Zwischenwerte<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
|   |   |                                |   | 0,10 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;         |   |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 23 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 14 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 9,5 · 10 <sup>-6</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 11 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 15 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 31 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
| 100 · 10 <sup>-6</sup> · R  |   |                                |   |  |  |
| 1 Ω;<br>10 Ω;<br>100 Ω;<br>1 kΩ;<br>10 kΩ;<br>100 kΩ;<br>1 MΩ;<br>10 MΩ;<br>100 MΩ;<br>1 GΩ |   |                                | 76 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 20 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 17 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 10 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 13 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 19 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 70 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,59 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 5,9 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
| Messgeräte  | 0 bis < 11 Ω<br>11 Ω bis < 110 Ω<br>110 Ω bis < 110 kΩ<br>110 kΩ bis < 1,1 MΩ<br>1,1 MΩ bis < 3,3 MΩ<br>3,3 MΩ bis < 11 MΩ<br>11 MΩ bis < 33 MΩ<br>33 MΩ bis < 110 MΩ<br>110 MΩ bis < 330 MΩ<br>330 MΩ bis < 1,1 GΩ |                                | 40 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 35 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 28 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 32 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 60 · 10 <sup>-6</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,25 · 10 <sup>-3</sup> · R   |  |  |
|   |   |                                | 0,5 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
|   |   |                                | 3 · 10 <sup>-3</sup> · R  |  |  |
| 15 · 10 <sup>-3</sup> · R   |   |                                |   |  |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz)   | 500 μΩ bis 45 kΩ  | 10 Hz bis 10 kHz               | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$  | R = Messwert<br>U <sub>1</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>U <sub>U</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen Spannung<br>am Widerstand |  |
|   |   |                                | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · R<br>bis<br>1,7 · 10 <sup>-3</sup> · R<br><br>Siehe Matrix WM.3 |  |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                | Bemerkungen  |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|
|                                    | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                             | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |
| Induktivität<br>Festwerte          | 0 µH                                   | 2-Draht-Kurzschluss  | 0,03 µH                        | L = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>50 mΩ ≤  Z  ≤ 11 kΩ |
|                                    | 100 µH                                 | 100 Hz   | 0,54 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    | 1 mH                                   | 100 Hz   | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 1 kHz  | 0,14 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · L    |  |
| 10 mH                              | 100 Hz;<br>1 kHz; 10 kHz               | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,16 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 100 mH                             | 100 Hz; 1 kHz<br>10 kHz                | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · L<br>0,28 · 10 <sup>-3</sup> · L |                                |  |
| 1 H                                | 100 Hz, 1 kHz                          | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · L                                |                                |  |
| Kapazität<br>Festwerte             | 0 pF                                   |  | 0,2 pF                         | Leerlauf   |
|                                    | 1 pF                                   | 1 kHz  | 0,63 · 10 <sup>-3</sup> · C    | C = Messwert<br><br>Betrag der Impedanz<br>1 Ω ≤  Z  ≤ 110 MΩ  |
|                                    |  | 10 kHz   | 0,31 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 10 pF                                  | 1 kHz  | 42 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 10 kHz;  | 53 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 100 kHz  | 88 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    |  | 1 MHz  | 0,24 · 10 <sup>-3</sup> · C    |  |
|                                    | 100 pF                                 | 1 kHz  | 39 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
|                                    | 1 nF                                   | 1 kHz  | 71 · 10 <sup>-6</sup> · C      |  |
| 100 kHz                            |  | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 10 nF                              | 100 Hz                                 | 0,49 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz                                  | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,23 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 100 nF                             | 100 Hz;                                | 0,21 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 1 kHz;                                 | 0,20 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,17 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
| 1 µF                               | 100 Hz; 1 kHz                          | 0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C                                |                                |  |
|                                    | 10 kHz                                 | 0,13 · 10 <sup>-3</sup> · C<br>0,29 · 10 <sup>-3</sup> · C |                                |  |

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

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

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

**Permanentes Laboratorium – Standort Wien**

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

**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  | 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 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 |
|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| Länge<br>Messschieber für Außen-, Innen- und Tiefenmaße * | 0 mm bis 500 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 9.1:2006  | $20 \mu m + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$ | /: Messwert |
| Bügelmessschrauben *                                      | 0 mm bis 300 mm          | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 10.1:2001 | $2 \mu m + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$   |             |

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Elektrische Messgrößen**

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

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit                  | Bemerkungen  |
|------------------------------------|-----------------------------|--|---|--|
| Gleichspannung                     | 0 V                         |  | 35 nV   | Kurzschlussbrücke  |
|                                    | 0 V bis 1 V                 |  | $0,46 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,18 \mu\text{V}$ | $U = \text{Messwert}$  |
|                                    | > 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<br>Quellen            | 1 kV bis 10 kV              |  | $7,9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 17 \text{ mV}$     | $U = \text{Messwert}$  |
|                                    | > 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   | $26 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \mu\text{V}$   | $U = \text{Messwert}$<br>Kalibrierung am Josephson-Voltmeter.<br>Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Lastimpedanz und die Wiederholbarkeit noch zu berücksichtigen. |
|                                    |                             | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz;<br>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   | $13 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,19 \mu\text{V}$   |  |
|                                    |                             | 20 Hz; 25 Hz; 30 Hz; 37,5 Hz;<br>40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz;<br>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;<br>40 Hz; 75 Hz; 80 Hz; 125 Hz;<br>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  |   | $U = \text{Messwert}$  |
|                                    |                             | 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 /<br>Kalibriergegenstand                                | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen  |                              |
|---|-----------------------------|--|---|--|------------------------------|
| Wechselspannung   | 6 mV                        | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz;<br>50 kHz; 70 kHz; 100 kHz;<br>200 kHz | $0,13 \cdot 10^{-3} \cdot U$  | <i>U</i> = Messwert<br><br>Kalibrierung an<br>AC/DC-Transfer-<br>normal. Bei der<br>Kalibrierung von<br>Messgeräten sind<br>der Einfluss der<br>Last-/ Anschluss-<br>impedanz und die<br>Wiederholbarkeit<br>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  | 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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz;<br>50 kHz; 70 kHz; 100 kHz;<br>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                       | 10 Hz  | 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;<br>500 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz;<br>50 kHz; 70 kHz; 100 kHz;<br>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                       | 10 Hz  | 10 Hz   |  | $54 \cdot 10^{-6} \cdot U$   |
|   |                             |  | 20 Hz; 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>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   |  | $95 \cdot 10^{-6} \cdot U$   |
|   |                             |  | 100 mV  |  | 10 Hz                        |
|   | 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;<br>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                       | 10 Hz  | $37 \cdot 10^{-6} \cdot U$  |  |                              |
|   |                             | 20 Hz; 40 Hz   | $18 \cdot 10^{-6} \cdot U$  |  |                              |
|   | 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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|---|--|--------------------------------|---|
| Wechselspannung                    | 200 mV  | 400 Hz; 500 Hz; 1 kHz; 10 kHz;<br>20 kHz; 50 kHz; 70 kHz                   | $12 \cdot 10^{-6} \cdot U$     | $U$ = Messwert<br><br>Kalibrierung an AC/DC-Transfer-normal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz 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;<br>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 V   | 1 MHz  | $50 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |
|                                    |   | 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;<br>1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz;<br>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  | $17 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |
|                                    | 2 V   | 1 MHz  | $30 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |   |
|                                    |   | 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;<br>1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz;<br>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                            |   | $16 \cdot 10^{-6} \cdot U$   |                                |   |
| 4 V; 6 V                           | 1 MHz   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot U$   |                                |   |
|                                    | 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;<br>1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne  | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|------------------------------------|--|---|--------------------------------|---|
| Wechselspannung                    | 8 V; 10 V  | 10 Hz   | $19 \cdot 10^{-6} \cdot U$     | <i>U</i> = Messwert<br><br>Kalibrierung an AC/DC-Transfernormal. Bei der Kalibrierung von Messgeräten sind der Einfluss der Last-/ Anschlussimpedanz 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;<br>1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz;<br>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;<br>1 kHz; 10 kHz; 20 kHz; 50 kHz;<br>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;<br>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<br>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;<br>1 kHz; 10 kHz;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne    | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit               | Bemerkungen  |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Wechselspannung                    | > 110 V bis 700 V<br>200 V     | 10 Hz bis 100 kHz              |  | U = Messwert<br><br>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         | $17 \cdot 10^{-6} \cdot U$                   |  |
|                                    | 600 V                          | 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<br>1000 V       | 10 Hz bis 100 kHz              |                                |  |  |
|                                    | 40 Hz                          | $16 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|                                    | 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz; 500 Hz; | $14 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|                                    | 1 kHz; 10 kHz; 20 kHz          | $25 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
|                                    | 50 kHz                         | $32 \cdot 10^{-6} \cdot U$     |  |  |
| Hochspannung<br>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                 |                                | $50 \cdot 10^{-6} \cdot U + 2 \text{ V}$     |  |
|                                    | > 10 kV bis 30 kV              | 45 Hz bis 65 Hz                | $0,10 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,7 \text{ V}$ |  |

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

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

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

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

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

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)          |   |   | Bemerkungen   |
|---|---|---|---|---|
|   | Messbereich /<br>Messspanne                     | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |   |
| Wechselstromstärke<br>harmonische Oberwellen<br>Quellen und<br>Messgeräte | 100 mA bis 60 A                                 | 45 Hz ≤ f <sub>1</sub> ≤ 65 Hz<br>2 ≤ n ≤ 100<br>I <sub>s</sub> ≤ 113 A                                 | 32 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub><br>bis<br>71 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>   | Messwert =<br>Effektivwert der<br>Grundwelle<br>I <sub>1</sub> = Effektivwert der<br>Grundwelle   |
|   | 100 mA  | 1 mA ≤ I <sub>n</sub> ≤ 4,8 A<br>f <sub>n</sub> ≤ 6 kHz<br>1 % ≤ I <sub>n</sub> / I <sub>1</sub> ≤ 30 % | 32 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  | I <sub>n</sub> = Effektivwert der<br>Oberwelle<br>f <sub>1</sub> = Frequenz der<br>Grundwelle<br>f <sub>n</sub> = Frequenz der<br>Oberwelle<br>n = f <sub>n</sub> / f <sub>1</sub> , n > 1<br>Die Anzahl der<br>Oberwellen ist auf<br>eine Oberwelle<br>beschränkt.<br>I <sub>s</sub> = Spitzenwert des<br>Stromsignals |
|   | 200 mA  |   | 47 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 400 mA  |   | 47 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 800 mA  |   | 47 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 1,6 A   |   | 45 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 4 A   |   | 57 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 5 A   |   | 57 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |
|   | 16 A  | 55 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  | Bei Messgeräten mit<br>angeschlossenem<br>(Zangen-)-<br>Stromwandler kann<br>sich die<br>Messunsicherheit<br>erhöhen. Der<br>Messbereich<br>erweitert sich auf I <sub>1</sub> ≤<br>600 A.<br>Die Kalibrierung von<br>Stromwandlern<br>erfolgt im Verbund<br>mit dem<br>Anzeigergerät für das<br>Sekundärsignal. |   |
|   | 30 A  | 160 mA ≤ I <sub>n</sub> ≤ 18 A<br>f <sub>n</sub> ≤ 3 kHz  |   | 71 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |
| 60 A  | 1 % ≤ (I <sub>n</sub> / I <sub>1</sub> ) ≤ 30 % | 71 · 10 <sup>-6</sup> · I <sub>1</sub>  |   |   |

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

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

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

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

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

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

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand               | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren   | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen   |
|--|-----------------------------|--|--|---|
| Flicker<br>Frequenz<br>Quellen und<br>Messgeräte | 8,3 mHz bis 40 Hz           | $0,407 \% \leq \Delta U/U \leq 4,837 \%$<br>$1 \text{ min}^{-1} \leq CPM \leq 4800 \text{ min}^{-1}$<br>$U = 120 \text{ V}; U = 230 \text{ V}$<br>$f = 50 \text{ Hz}; f = 60 \text{ Hz}$<br><br>rechteckförmige Modulation | $1,0 \cdot 10^{-6} \cdot f_{\text{Flicker}}$                                     | $\Delta U/U =$<br>Modulationstiefe<br>$U =$ Effektivwert<br>des modulierten<br>Wechselspannung<br>s-signals<br>$f =$ Frequenz des<br>modulierten<br>Wechselspannung<br>s-signals<br>$CPM =$<br>Änderungen pro<br>Minute (Changes<br>per minute)<br>$f_{\text{Flicker}} = CPM / 120$<br>Es gelten die in<br>DIN EN 61000-4-<br>15:2011,<br>Tabelle 5,<br>definierten<br>Kombinationen<br>aus $\Delta U/U$ und<br>$CPM$ . |
| $P_{\text{st}}$ -Wert                            | nur $P_{\text{st}} = 1$     |  | $2,5 \cdot 10^{-3}$  | Wert bei $\Delta U/U$<br>ausgedrückt in<br>$\Delta U/U$<br>rechteckförmiger<br>Flicker  |
| Wechselspannung<br>Klirrfaktor $k$               | 0 % bis 30 %                | 45 Hz bis 5 kHz<br>> 5 kHz bis 30 kHz  | $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$<br>$0,8 \cdot 10^{-3} \cdot k + 0,012 \%$ | Werte ausgedrückt<br>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  |
| <b>0,10</b> | <b>0,001</b> | 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 |
| <b>0,10</b> | <b>0,01</b>  | 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 |
| <b>0,20</b> | <b>0,025</b> | 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 |
| <b>1,2</b>  | <b>0,15</b>  | 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 |
| <b>8,0</b>  | <b>1,0</b>   | 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 |
| <b>16</b>   | <b>4,5</b>   | 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 |
| <b>30</b>   | <b>9,0</b>   | 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 |
| <b>60</b>   | <b>18</b>    | 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 |
| <b>120</b>  | <b>36</b>    | 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 |
| <b>240</b>  | <b>72</b>    | 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 |
| <b>460</b>  | <b>130</b>   | 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  $J_n$  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  |
| <b>0,1</b> | <b>0,01</b>  | 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 |
| <b>0,2</b> | <b>0,025</b> | 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 |
| <b>0,4</b> | <b>0,05</b>  | 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 |
| <b>0,8</b> | <b>0,1</b>   | 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 |
| <b>1,6</b> | <b>0,016</b> | 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 |
| <b>1,6</b> | <b>0,2</b>   | 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 |
| <b>4</b>   | <b>0,5</b>   | 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 |
| <b>8</b>   | <b>1</b>     | 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 |
| <b>16</b>  | <b>2</b>     | 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 |
| <b>30</b>  | <b>8</b>     | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | -    | -    | -    | -    |
| <b>60</b>  | <b>15</b>    | 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

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

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)                          |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                              | Messbereich /<br>Messspanne                              | Messbedingungen /<br>Verfahren          | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen   |
| Gleichstromstärke   | 0 pA bis 10 nA   | $T = (23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ | 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   | $0,90 \cdot 10^{-6} \cdot I + 25 \text{ nA}$             |   |   |   |
| 50 mA bis 200 mA  | $0,33 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,26 \text{ } \mu\text{A}$ |   |   |   |
| 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<br>Quellen                                    | 300 A bis 700 A  |   | $27 \cdot 10^{-6} \cdot I + 2,3 \text{ mA}$   |   |
| Gleichstromstärke<br>Stromzangen<br>und Stromzangen-<br>wandler | 0 A bis 3000 A   | 1 bis N Wicklungen                      | $\sqrt{W^z + W^z} \cdot I$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$8 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 6 nA | $W_{in}$ ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Stromstärke der<br>Einfachwicklung. $W_{DUT}$<br>ist die relative<br>Unsicherheit des<br>Messobjekts im<br>Strefeld des<br>stromdurchflossenen<br>Leiters. |

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

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

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                 | Erweiterte<br>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;<br>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;<br>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;<br>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 /<br>Kalibriergegenstand      | Messbereich /<br>Messspanne                               | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen                                    |
|---|---|---|--------------------------------|--|
| Wechselstromstärke                      | 2 mA  | 10 Hz   | $32 \cdot 10^{-6} \cdot f$     | $f = \text{Messwert}$<br>$f = \text{Frequenz}$ |
|   |   | 20 Hz   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot f$     |  |
|   |   | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>10 kHz | $31 \cdot 10^{-6} \cdot f$                                |                                |  |

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

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

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen                  |
|------------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|
| Wechselstromstärke                 | 1 A                           | 10 Hz   | $32 \cdot 10^{-6} \cdot I$     | I = Messwert<br>f = Frequenz |
|                                    |                               | 20 Hz   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot I$     |                              |
|                                    |                               | 40 Hz; 55 Hz; 120 Hz;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>400 Hz; 500 Hz; 1 kHz;<br>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;<br>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;<br>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<br>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<br>Quellen          | 200 A bis 300 A              | 10 Hz bis 1 kHz  | $0,30 \cdot 10^{-3} \cdot I - 0,53 \text{ mA}$  | $I = \text{Messwert}$<br>$f = \text{Frequenz}$  |
|  | 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 Stromzangenwandler     | 10 $\mu\text{A}$ bis 2400 A  | 1 bis $N$ Wicklungen<br>10 Hz bis 1 kHz<br>> 1 kHz bis 10 kHz/ $N$ | $\sqrt{W_{in}^2 + W_{DUT}^2} \cdot I$<br>jedoch nicht kleiner als<br>$90 \cdot 10^{-6} \cdot I$ oder 8 nA | $W_{in}$ ist die relative Unsicherheit der Stromstärke der Einfachwicklung. $W_{DUT}$ ist die relative Unsicherheit des Messobjekts im Streufeld 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 $5,8 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br>siehe Matrix VM.1                           | Gesamtunsicherheit $U$ 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<br>$\geq 1 \text{ s}$ , Dauer $t$ und Anstiegszeiten $\leq 10 \mu\text{s}$ als Produkt $Q = I \cdot t$ ;<br>Gesamtunsicherheit errechnet aus der rel. Unsicherheit $W(I_{in})$ der Kalibrierstromstärke. |
|  | > 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 $\Omega$ |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|--|----|-------|----|-------------------|----|-------------------|----|------------------|----|-------------------|-----|--------------|-----|--|--|---------------------------|--|--|--|----------------|--|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|
|                        | 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

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

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

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

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

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

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand              | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                  |   | Erweiterte<br>Messunsicherheit                                   | Bemerkungen  |
|---|--|----------------------------------|---|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren   |   |  |  |
| Wechselstromwiderstand<br>(Betrag der Impedanz) | 50 Ω                                   | 10 Hz                            |   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot R$                                       | R = Messwert<br>I = Stromstärke<br>f = Frequenz  |
|   |  | 20 Hz                            |   | $25 \cdot 10^{-6} \cdot R$                                       |  |
|   |  | 40 Hz                            |   | $20 \cdot 10^{-6} \cdot R$                                       |  |
|   |  | 55 Hz; 120 Hz; 400 Hz;<br>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<br>(Betrag der Impedanz) | 100 Ω                                  | 10 Hz                            |   | $29 \cdot 10^{-6} \cdot R$                                       | R = Messwert<br>I = Stromstärke<br>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                 |   | $\sqrt{U_1^2 + U_U^2} \cdot R$                                   | R = Messwert<br>Konstantstrom-<br>verfahren<br>U <sub>1</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>Kalibrierstromstärke<br>U <sub>U</sub> ist die relative<br>Unsicherheit der<br>gemessenen<br>Spannung am<br>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<br>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**

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

**Matrix VM.2 „Spannungsverhältnis“**

| Messwert \<br>Brückenspannung | 10 V      | 5 V       | 2 V       | 1 V       |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                               | 0 mV/V    | 0,10 μV/V | 0,10 μV/V | 0,17 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**

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

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

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

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

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                     | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |   | Bemerkungen  |
|--|--|---|---|--|
|  | Messbereich/<br>Messspanne             | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |  |
| Wechselstrom-<br>scheinleistung<br>Quellen, Messgeräte | 0 VA bis 100 kVA                       | 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz <sup>i)</sup><br>1 mV ≤ U ≤ 1 kV <sup>i)</sup><br>1 mA ≤ J ≤ 100 A   | 59 pVA<br>bis<br>7,6 VA   | $S = U \cdot J$<br>$= P(U; J; PF = 1) =$<br>Wechselstrom-<br>scheinleistung<br>$PF = \cos(\Delta\langle p \rangle) =$<br>Leistungsfaktor<br>$\Delta\langle p \rangle = \langle p_U \rangle - \langle p_I \rangle =$<br>Phasenwinkel<br>U = Effektivwert der<br>Wechselspannung<br>J = Effektivwert der<br>Wechselstromstärke<br>P = Wechselstrom-<br>wirkleistung<br><br>Die Messunsicher-<br>heiten gelten für<br>sinusförmige Signale.<br><br>Siehe auch Matrizen<br>VM.26 bis VM.35 für<br>PF = 1 |
|  | 0 VA bis 1 MVA                         | Zusätzlicher Bereich für<br>Messgeräte mit<br>Stromzange/Strom-<br>wandler:<br><br>1 mV ≤ U ≤ 1 kV <sup>i)</sup><br>10 Hz ≤ f ≤ 100 Hz <sup>i)</sup><br>1 mA ≤ J ≤ 1 kA | Stromwandler:<br>3,8 · 10 <sup>-4</sup> · S<br><br>Stromzangen:<br>4,6 · 10 <sup>-3</sup> · S |  |

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,1·10 <sup>-6</sup> | 3,0·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,5·10 <sup>-6</sup> | 1,9·10 <sup>-6</sup> | 1,4·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 9,8·10 <sup>-6</sup> | 9,6·10 <sup>-6</sup> | 9,0·10 <sup>-6</sup> | 7,9·10 <sup>-6</sup> | 5,9·10 <sup>-6</sup> | 4,3·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,8·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 8,4·10 <sup>-6</sup> | 2,6·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,3·10 <sup>-4</sup> | 9,7·10 <sup>-5</sup> | 7,1·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,5·10 <sup>-3</sup> | 1,3·10 <sup>-3</sup> | 9,7·10 <sup>-4</sup> | 7,1·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-6</sup>  |

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,8                  | 1                     |
| 10     | 3,4·10 <sup>-6</sup> | 3,4·10 <sup>-6</sup> | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup> | 1,5·10 <sup>-6</sup> | 8,4·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 9,1·10 <sup>-6</sup> | 6,8·10 <sup>-6</sup> | 5,0·10 <sup>-6</sup> | 9,2·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 2,4·10 <sup>-5</sup> | 2,3·10 <sup>-5</sup> | 2,2·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,4·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 4,0·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 1,9·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,2·10 <sup>-4</sup> | 8,8·10 <sup>-5</sup> | 2,9·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 1,9·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,2·10 <sup>-3</sup> | 8,8·10 <sup>-4</sup> | 2,9·10 <sup>-6</sup>  |

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

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

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 3,2·10 <sup>-6</sup> | 2,9·10 <sup>-6</sup> | 2,6·10 <sup>-6</sup> | 1,9·10 <sup>-6</sup> | 1,4·10 <sup>-6</sup> | 7,3·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-5</sup> | 9,5·10 <sup>-6</sup> | 8,3·10 <sup>-6</sup> | 6,2·10 <sup>-6</sup> | 4,5·10 <sup>-6</sup> | 7,6·10 <sup>-11</sup> |
| 111    | 2,1·10 <sup>-5</sup> | 2,0·10 <sup>-5</sup> | 1,9·10 <sup>-5</sup> | 1,6·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 9,0·10 <sup>-6</sup> | 3,0·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 1,4·10 <sup>-4</sup> | 1,0·10 <sup>-4</sup> | 7,6·10 <sup>-5</sup> | 2,1·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,6·10 <sup>-3</sup> | 1,4·10 <sup>-3</sup> | 1,0·10 <sup>-3</sup> | 7,6·10 <sup>-4</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup>  |

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

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

| f (Hz) | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                     |
| 10     | 3,6·10 <sup>-6</sup> | 3,5·10 <sup>-6</sup> | 3,3·10 <sup>-6</sup> | 2,8·10 <sup>-6</sup> | 2,1·10 <sup>-6</sup> | 1,5·10 <sup>-6</sup> | 8,9·10 <sup>-12</sup> |
| 45     | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 1,2·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 9,5·10 <sup>-6</sup> | 7,1·10 <sup>-6</sup> | 5,2·10 <sup>-6</sup> | 1,0·10 <sup>-10</sup> |
| 111    | 2,5·10 <sup>-5</sup> | 2,4·10 <sup>-5</sup> | 2,3·10 <sup>-5</sup> | 2,0·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | 4,4·10 <sup>-10</sup> |
| 1000   | 2,1·10 <sup>-4</sup> | 2,1·10 <sup>-4</sup> | 2,0·10 <sup>-4</sup> | 1,7·10 <sup>-4</sup> | 1,3·10 <sup>-4</sup> | 9,3·10 <sup>-5</sup> | 3,3·10 <sup>-8</sup>  |
| 10000  | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 2,1·10 <sup>-3</sup> | 2,0·10 <sup>-3</sup> | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 1,3·10 <sup>-3</sup> | 9,3·10 <sup>-4</sup> | 3,3·10 <sup>-6</sup>  |

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

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

| f (Hz)                 | PF                   |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                        | 0                    | 0,2                  | 0,4                  | 0,6                  | 0,8                  | 0,9                  | 1                    |
| 10 Hz<br>bis<br>100 Hz | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | 1,4·10 <sup>-4</sup> | 1,2·10 <sup>-4</sup> | 8,9·10 <sup>-5</sup> | 6,5·10 <sup>-5</sup> | 7,8·10 <sup>-9</sup> |

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

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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**

| f (Hz) | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|        | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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 VM.27:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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 µV und I = 1 mA**

| f (Hz) | $\cos(\angle p) = PF \mid \sin(\angle p) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|        | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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 VM.28:** Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

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  $I = 100 \mu\text{A}$

|        | $\cos(\varphi) = PF \mid \sin(\varphi) = \pm \sqrt{1 - PF^2}$ |              |             |             |              |         |
|--------|---|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| f (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 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 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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 150 pW  | 730 pW       | 1,1 nW      | 1,4 nW      | 1,6 nW       | 1,8 nW  |
| 1000   | 2,3 nW  | 2,3 nW       | 2,2 nW      | 2,0 nW      | 1,9 nW       | 1,8 nW  |
| 10000  | 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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 140 μW  | 250 μW       | 350 μW      | 440 μW      | 500 μW       | 550 μW  |
| 1000   | 2,1 mW  | 1,9 mW       | 1,7 mW      | 1,3 mW      | 1,0 mW       | 530 μW  |
| 10000  | 21 mW   | 19 mW        | 17 mW       | 13 mW       | 9,1 mW       | 530 μW  |

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 (Hz) | 0   ± 1   | 0,4   ± 0,92 | 0,6   ± 0,8 | 0,8   ± 0,6 | 0,9   ± 0,44 | 1   ± 0 |
| 40     | 150 μW  | 260 μW       | 350 μW      | 450 μW      | 500 μW       | 550 μW  |
| 1000   | 2,3 mW  | 2,1 mW       | 1,9 mW      | 1,5 mW      | 1,1 mW       | 530 μW  |
| 10000  | 23 mW   | 21 mW        | 19 mW       | 14 mW       | 10 mW        | 530 μW  |

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

Matrix VM.32: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 20 \text{ A}$

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

Matrix VM.33: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 20 \text{ A}$

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

Matrix VM.34: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 100 \text{ A}$

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

Matrix VM.35: Absolute Messunsicherheit der Messgrößen

**Wechselstromwirkleistung**  $P = U \cdot I \cdot \cos(\angle p)$  (s. Werte für PF) **Wechselstromblindleistung**  $Q = U \cdot I \cdot \sin(\angle p)$  (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  $I = 100 \text{ A}$

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

<sup>i)</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.

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

**Vor-Ort-Kalibrierung- Phasenwinkel**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |   |                                | Bemerkungen   |
|---|--|---|--------------------------------|---|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren                        | Erweiterte<br>Messunsicherheit |   |
| Phasenwinkel<br>zwischen<br>sinusförmigem<br>Spannungssignal und<br>sinusförmigen<br>Stromsignal<br>Quellen | -180° bis 180°                         | 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz<br>1 mV ≤ U <sub>eff.</sub> ≤ 1 kV |                                | Δ<math>p = <math>\langle p_U - \langle p_I =<br>Phasenwinkel  |
|   |  | 100 μA ≤ J <sub>eff.</sub> ≤ 10 mA                    |                                | J(t) =  |
|   |  | f = 10 Hz   | 0,21 m°                        | √2 J <sub>eff.</sub> sin(2nft + <math>\langle p_i)  |
|   |  | f = 45 Hz   | 0,57 m°                        | U(t) =  |
|   |  | f = 111 Hz  | 1,1 m°                         | √2 U <sub>eff.</sub> sin(2nft + <math>\langle p_u)  |
|   |  | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz                                    | 360° · f · 27 ns               | f = Frequenz  |
|   |  | 10 mA < J <sub>eff.</sub> ≤ 200 mA                    |                                | J <sub>eff.</sub> = Effektivwert des<br>Wechselstroms   |
|   |  | f = 40 Hz   | 0,37 m°                        | U <sub>eff.</sub> = Effektivwert der<br>Wechselspannung   |
|   |  | f = 100 Hz  | 0,72 m°                        |   |
|   |  | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz                                    | 360° · f · 18 ns               |   |
|   |  | 200 mA < J <sub>eff.</sub> ≤ 2 A                      |                                | Messungen bei<br>Spannungen ≤ 15 mV<br>im Frequenzbereich<br>10 Hz bis < 1 kHz,<br>sowie abweichende<br>Messbedingungen<br>können die<br>Messunsicherheit<br>erhöhen. |
|   |  | f = 40 Hz   | 0,40 m°                        |   |
|   |  | f = 100 Hz  | 0,68 m°                        |   |
|   |  | 1 kHz ≤ f ≤ 10 kHz                                    | 360° · f · 17 ns               |   |
|   |  | 2 A < J <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 < J <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                       |   |                                |   |

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

**Vor-Ort-Kalibrierung- Phasenwinkel**

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

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

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

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

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand      | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)          |                                |  | Bemerkungen  |
|---|---|--------------------------------|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne                     | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit                     |  |
| Frequenz $f$<br>Messung und<br>Synthese | 0,01 Hz bis 40 GHz                              |                                | $0,5 \cdot 10^{-9} \cdot f + U_{\text{Tr}}$        | $f$ : Messwert<br>$U_{\text{Tr}}$ : Trigger-<br>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<br>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 /<br>Kalibriergegenstand                                      | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen   |
| Oszilloskope<br>vertikal  | 1 mV bis 5 V<br>5 mV bis 200 V  | DC bis 10 kHz                  | $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 12 \mu\text{V}$   | U: Messwert<br>50 Ω<br>1 MΩ                         |
| Oszilloskop<br>horizontal   | 25 ps bis 40 s  |                                | $0,12 \cdot 10^{-6} \cdot T + 0,1 \text{ ps}$  | T: Messwert   |
| Bandbreite <i>f</i><br>(Frequenzgang)                                   | 40 Hz bis 6 GHz   |                                | $6,3 \cdot 10^{-3} \cdot f^2/\text{GHz}$<br>$+ 20 \cdot 10^{-3} \cdot f$   | <i>f</i> = Messwert                                 |
|   | > 6 GHz bis 40 GHz  |                                | $75 \cdot 10^{-3} \cdot f$   |   |
| Anstiegszeit  | 30 ps bis 45 ps<br>> 45 ps bis 1 ms   | 0,1 V bis 3 V                  | 5 ps<br>$10 \cdot 10^{-3} \cdot T + 3 \text{ ps}$  | Fluke 9500/9550                                     |
|   | 70 ps bis 85 ps<br>> 85 ps bis 310 ps<br>> 310 ps bis 650 ps<br>> 650 ps bis 1 ms | 0,1 V bis 3 V                  | $78 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$67 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$58 \cdot 10^{-3} \cdot T$<br>$56 \cdot 10^{-3} \cdot T$ | errechnet aus der<br>3 dB Bandbreite<br>T: Messwert |
| Frequenz <i>f</i><br>Zeitbasis  | 10 MHz  |                                | $0,2 \cdot 10^{-6} \cdot f$  |   |
| Burst-Generator<br>Ausgangsspannung<br>Spitzenwert <i>U<sub>s</sub></i> | 100 V bis 4 kV  | unter 50 Ω oder 1 kΩ Last      | $48 \cdot 10^{-3} \cdot U_s$   |   |
| Anstiegszeit und<br>Impulsdauer <i>T<sub>r</sub></i>                    | 3 ns bis 1 μs   |                                | $41 \cdot 10^{-3} \cdot T_r$   |   |
| Burstdauer und<br>Burstperiode <i>T</i>                                 | 10 μs bis 1 s   |                                | $5 \cdot 10^{-3} \cdot T$  |   |
| Impulsfrequenz <i>f</i>   | 100 Hz bis 500 kHz  |                                | $1 \cdot 10^{-3} \cdot f$  |   |
| Stoßspannungs-<br>generator   |   |                                |  |   |
| Stirnzeit <i>t<sub>r,Us</sub></i> der<br>Leerlaufspannung               | 15 ns bis 100 ms  |                                | $3 \% \cdot t_{r,Us} + 1 \text{ ns}$   |   |
| Stirnzeit <i>t<sub>r,Is</sub></i> der<br>Kurzschluss-<br>stromstärke    | 100 ns bis 100 ms   |                                | $3 \% \cdot t_{r,Is} + 2 \text{ ns}$   |   |
| Rückenhalfwertszeit<br><i>t<sub>H</sub></i> der Kurvenform              | 0,5 μs bis 100 ms   |                                | $5 \% \cdot t_H$   |   |
| Scheitelwert der<br>Leerlaufspannung <i>U<sub>s</sub></i>               | 0,1 kV bis 7 kV   |                                | $3,3 \% \cdot U_s$   |   |
| Scheitelwert der<br>Kurzschluss-<br>stromstärke <i>I<sub>s</sub></i>    | 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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen |                   |
| Pulsförmige<br>Messgrößen *<br>Messempfänger<br>Anzeigeverhalten bei<br>Impulsen<br>Amplituden-<br>beziehung<br>(absolute<br>Kalibrierung) | 9 kHz bis 150 kHz           | EN 55016-1-1:2015              | 0,35 dB                        | Band A      |                   |
|  | > 150 kHz bis 30 MHz        |                                |                                | Band B      |                   |
|  | > 30 MHz bis 300 MHz        |                                | 0,40 dB                        | Band C      |                   |
|  | > 300 MHz bis 1 GHz         |                                |                                | Band D      |                   |
| Änderung der<br>Anzeige<br>mit der Pulsfrequenz<br>(relative<br>Kalibrierung)  | Pulswiederholffrequenz      |                                |                                | 0,30 dB     | Band A            |
|  | 0,1 Hz bis 2 kHz            |                                |                                |             | Band B            |
|  | 0,1 Hz bis 50 kHz           |                                |                                | 0,35 dB     | Band C und Band D |
|  | 0,1 Hz bis 1 MHz            |                                |                                |             |                   |

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|--|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren |                            |                                |  |
| HF-Leistung<br>Eingangsleistung<br>und<br>Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Leistungs-<br>Messgeräten | 10 fW bis < 100 fW                     | DC bis 2 GHz                   |                            | $21 \cdot 10^{-3} \cdot P$     | PC Typ-N *)<br>bis 18 GHz<br>PC-3,5 mm *)<br>bis 33 GHz<br>PC-2,92 mm *)<br>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<br>Konnektoren<br>erhöhen die<br>Messunsicherheit.<br><br>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**

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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                |                                |  | Bemerkungen |
|--|--|--------------------------------|--------------------------------|--|-------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit |  |             |
| HF-Leistung<br>Ausgangsleistung<br>und Kalibrierungsfaktor<br>von HF-Quellen | 1 $\mu$ W bis < 10 $\mu$ W             | 8 kHz bis < 10 MHz             | $18 \cdot 10^{-3} \cdot P$     | PC Typ-N *)<br>bis 18 GHz<br>PC-3,5 mm *)<br>bis 33 GHz<br>PC-2,92 mm *)<br>bis 40 GHz<br>*) Andere<br>Konnektoren erhöhen<br>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:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,025$<br>5 GHz < $f \leq 20$ GHz:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,1$<br>20 GHz < $f \leq 33$ GHz:<br>$ \Gamma_G  \leq 0,15$<br>33 GHz < $f \leq 40$ GHz:<br>$ \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            | $37 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |  |             |
|  | 100 $\mu$ W bis 0,1 W                  | DC bis < 10 MHz                | $5,6 \cdot 10^{-3} \cdot P$    | $f$ = Frequenz (Hz)<br>$P$ = Messwert (W)<br>$ \Gamma_G $ =<br>Reflexionsfaktor des<br>Kalibriergegen-<br>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            | $39 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |  |             |
|  | > 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                           | $38 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |                                |  |             |
| > 70 W bis 250 W   | DC bis 500 MHz                         | $37 \cdot 10^{-3} \cdot P$     |                                |  |             |

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |                                    | Erweiterte<br>Messunsicherheit  | Bemerkungen |
|--|--|--|------------------------------------|---|-------------|
|  | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren           |                                    |   |             |
| HF-Spannung $U_{HF}$<br>Quellen mit HF-<br>Spannungsanzeige<br>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<br>Unsicherheit der<br>gemessenen<br>Leistung an $Z_0 = 50 \Omega$<br>**)                     |             |
|  | 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 $U_{HF}$<br>Messgeräte und<br>Empfänger mit HF-<br>Spannungsanzeige<br>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<br>relative Unsicherheit<br>der eingestrahnten<br>Leistung bezüglich<br>$Z_0 = 50 \Omega$<br>**) |             |
|  | 2,2 mV bis 2 V                         | DC bis 40 GHz                            |                                    |   |             |
|  |  |  |                                    |   |             |
| HF-Leistung<br>Rauschanzeige von<br>Empfängern<br><br>Signalpegeldifferenz                               | DC bis 40 GHz                          |  | 1,6 dB                             | Leistungen > -170 dB<br>(1 mW) bezogen auf<br>1 Hz Bandbreite   |             |
|  | 0 dBc bis 100 dBc                      | 100 Hz bis 26,5 GHz<br>100 Hz bis 40 GHz | 1,3 dB<br>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 ≥ 70 dB   |
| Formfaktor                                   | > 1:1 bis 5:1<br>> 5:1 bis 10:1<br>> 10:1 bis 20:1   |  | 3 %<br>6 %<br>12 %   | Signal zu Rausch-Abstand SNR ≥ 15 dB   |
| Umschaltabweichung                           |  |  | 0,02 dB  |  |
| Anzeigelinearität                            | 0 dB bis 30 dB<br>> 30 dB bis 60 dB<br>> 60 dB bis 80 dB<br>> 80 dB bis 100 dB<br>> 100 dB bis 110 dB<br>B | 100 kHz bis 500 MHz  | 0,06 dB<br>0,07 dB<br>0,09 dB<br>0,1 dB<br>0,2 dB  | SNR ≥ 50 dB<br>$ \Gamma_{L,out}  \leq 0,05$<br>$f \leq 500$ MHz  |
| Eingangsabschwächer oder ZF-Verstärker       | 0 dB bis 30 dB<br>> 30 dB bis 60 dB<br>> 60 dB bis 80 dB<br>> 80 dB bis 100 dB<br>> 100 dB bis 110 dB<br>B | 100 kHz bis 500 MHz  | 0,06 dB<br>0,07 dB<br>0,09 dB<br>0,1 dB<br>0,2 dB  | Vergleich mit externem Stufenabschwächer<br>$ \Gamma_{L,out}  \leq 0,05$<br>$f \leq 500$ MHz                         |
|  | 0 dB bis 30 dB<br>> 30 dB bis 60 dB<br>> 60 dB bis 80 dB   | 100 kHz bis 500 MHz  | 0,04 dB<br>0,06 dB<br>0,08 dB  | stufenweiser Anzeigevergleich<br>SNR ≥ 50 dB,<br>Empfängerlinearität < (0,01 dB + 0,005 dB/10 dB)                    |
| HF-Verstärkung Verstärker                    | 0 dB bis 70 dB   | DC bis 100 MHz<br>> 100 MHz bis 2 GHz<br>> 2 GHz bis 4 GHz<br>> 4 GHz bis 18 GHz       | 0,19 dB<br>0,26 dB<br>0,3 dB<br>0,5 dB   | BNC-Konnektor bis max. 2 GHz<br>N-Konnektor und BNC-Konnektor, 50 Ω, andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit |
|  | 0 dB bis 70 dB   | DC bis 100 MHz<br>> 100 MHz bis 4 GHz<br>> 4 GHz bis 26,5 GHz<br>> 26,5 GHz bis 40 GHz | 0,21 dB<br>0,3 dB<br>0,6 dB<br>0,7 dB  | 2,92 mm kompatibler Konnektor, 50 Ω, andere Konnektoren erhöhen die Messunsicherheit                                 |
| HF-Stromstärke Stromzangen                   | 100 µA bis 50 mA   | 40 Hz bis 10 MHz<br><br>> 10 MHz bis 30 MHz<br><br>> 30 MHz bis 65 MHz                 | $14 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>$18 \cdot 10^{-3} \cdot I$<br><br>$20 \cdot 10^{-6} f^2 \cdot I$ | Tektronix 015-0601-50. Im Verbund mit Oszilloskop<br>I: Messwert<br>f: Frequenz in MHz                               |
| Nicht-Linearität von HF-Leistungsmessgeräten | 10 nW bis 1 W  | 50 MHz   | $5,5 \cdot 10^{-3}$ (0,024 dB)   | R&S NRVC-B2<br>60 dB max.  |

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

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

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Hochfrequenzmessgrößen**

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

| Betrag<br>[Γ] | 45 MHz bis<br>1 GHz | 1 GHz bis 3 GHz | 3 GHz bis<br>12 GHz | 12 GHz bis<br>18 GHz | 18 GHz bis<br>26,5 GHz | 26,5 GHz bis<br>33 GHz | 33 GHz bis<br>40 GHz | 40 GHz bis<br>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<br>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<br>Dämpfung | 9 kHz bis 1 GHz     | 1 GHz bis 3 GHz     | 3 GHz bis 12 GHz    | 12 GHz bis 18 GHz   | 18 GHz bis<br>26,5 GHz | 26,5 GHz bis<br>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  $\phi$ ; 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  $\phi$ ; 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  $\phi$ ; 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**

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

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

**Vor-Ort-Kalibrierung - Photometrie**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand      | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)                                |  |  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                  | Bemerkungen  |
|---|---|--|--|---|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne   | Messbedingungen<br>/ Verfahren   |  |   |  |
| Transmissionsfilter<br>Transmission $T$ | 16 % bis 60 %   | QMH Kapitel XXXIV<br>v4.0<br>Nennwerte in den<br>Trübungswerten der<br>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<br>> 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 $k$<br>berechnet aus dem<br>Trübungsgrad $N$ .<br>Unsicherheitsintervall<br>$U(k)$ berechnet aus dem<br>Unsicherheitsintervall<br>des Trübungsgrads $U(N)$ .<br>Andere<br>Messkammerlängen<br>erhöhen die<br>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)            |                          |             |  |  |   |          |
|---|--------------------------|-------------|--|--|---|----------|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                | Messbereich / Messspanne |             | Messbedingungen<br>/ Verfahren                 | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen                               |          |
| Messschieber für Außen,<br>Innen- u. Tiefenmaße * | 0 mm                     | bis 1000 mm | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 9.1:2006             | $20 \mu\text{m} + 15 \cdot 10^{-6} \cdot l$  | /: Messwert                               |          |
| Bügelmessschrauben *                              | > 300 mm                 | bis 1000 mm | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 10.1:2001            | $2 \mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$<br>$0,30 \mu\text{m} + 12 \cdot 10^{-6} \cdot l$ |   |          |
| Umfangsmaßbänder<br>aus Stahl                     |                          |             | QMH-L.VIII.2<br>Abschnitt 3<br>Version 1.0     | Kalibrierung an den<br>Nennwerten der<br>Normale   |   |          |
| Durchmesser                                       | 150 mm                   | bis 300 mm  |  |  |   | 0,71 mm  |
|   | > 300 mm                 | bis 400 mm  |  |  |   | 0,104 mm |
| Umfang  | 470 mm                   | bis 950 mm  |  | 0,22 mm  |   |          |
|   | > 950 mm                 | bis 1257 mm |  | 0,328 mm   |   |          |
| Zylindrische Normale<br>Ringe *                   | 1 mm                     | bis 90 mm   | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 4.1:2006<br>Option 3 | $0,9 \mu\text{m} + 10 \cdot 10^{-6} \cdot d$   | <i>d</i> ist der gemessene<br>Durchmesser |          |
| Dorne *   | 1 mm                     | bis 120 mm  | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 4.1:2006<br>Option 3 | $0,6 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot d$  |   |          |
| Prüfstifte *                                      | 1 mm                     | bis 20 mm   | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 4.2:2006<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |     |        | Messbedingungen<br>/ Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                | Bemerkungen   |
|---|--|-----|--------|---|---|---|
|   | Messbereich / Messspanne               |     |        |   |   |   |
| Gewindelehren *<br>(ein- und mehrgängige<br>zylindrische Außen- und<br>Innengewinde mit<br>geradlinigen Flanken,<br>symmetrischem Profil,<br>Nennsteigung und<br>Nennprofilwinkel)<br>Außengewinde<br>Einfacher<br>Flankendurchmesser | 1 mm                                   | bis | 120 mm | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 4.8:2006<br>Option 1<br>Dreidrahtmethode<br>(senkrecht zur<br>Gewindeachse)     | $2,9 \mu\text{m} + 7,7 \cdot 10^{-6} \cdot d$ | <i>d</i> ist der gemessene<br>Flankendurchmesser  |
| Innengewinde<br>Einfacher<br>Flankendurchmesser   | 3 mm                                   | bis | 90 mm  | VDI/VDE/DGQ 2618<br>Blatt 4.9:2006<br>Option 1<br><br>Zweikugelmethode<br>(senkrecht zur<br>Gewindeachse) | $2,6 \mu\text{m} + 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot d$ |   |
| Längenmessmittel<br>Prüflehren  | 0 mm                                   | bis | 75 mm  | QMH-L.VIII.3<br>Abschnitt 2.1<br>Version 1.0<br>Außenmessung  | 31 $\mu\text{m}$                              | Angenommener<br>Temperaturbereich:<br>20 °C $\pm$ 1 K<br><br>Angenommener therm.<br>Ausdehnungs-koeff.:<br>$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$<br><br>Abweichende<br>Umgebungs-<br>bedingungen und<br>Materialien der zu<br>kalibrierenden<br>Prüflehren erhöhen die<br>Messunsicherheit. |
|   | > 75 mm                                | bis | 150 mm |   | 37 $\mu\text{m}$                              |   |
|   | 0 mm                                   | bis | 150 mm | QMH-L.VIII.3<br>Abschnitt 2.2<br>Version 1.0<br>Innenmessung  | 36 $\mu\text{m}$                              |   |
|   | 0 mm                                   | bis | 150 mm | QMH-L.VIII.3<br>Abschnitt 2.3<br>Version 1.0<br>Tiefenmessung   | 39 $\mu\text{m}$                              |   |
|   | 0                                      | bis | 75 mm  | QMH-L.VIII.3<br>Abschnitt 2.4<br>Version 1.0<br>Stufenmessung   | 55 $\mu\text{m}$                              |   |
|   | > 75 mm                                | bis | 150 mm |   | 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> .....                                | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 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

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand            | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen<br>/ Verfahren                                       | Erweiterte<br>Messunsicherheit                                   | Bemerkungen  |
| Druck<br>Absolutdruck $p_{abs}$ *)            | > 0 bar bis 3,0 bar                    | DKD-R 6-1:2014<br><br>Kalibriermethode:<br>$p_{abs} = p_e + p_{amb}$ | $2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 15 \mu\text{bar}$             | Druckmedium: Gas<br><br>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<br>v5.0  | $2,9 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 15 \mu\text{bar}$             | Referenzwert:<br>( $p_{abs} = p_{amb}$ )<br><br>Einpunktmessung bei aktuellem Umgebungsdruck   |
| Absolutdruck $p_{abs}$ *)                     | 1 bar; 2 bar bis 71 bar                | DKD-R 6-1:2014<br><br>Kalibriermethode:<br>$p_{abs} = p_e + p_{amb}$ | $7,8 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,36 \text{ mbar} + U_{baro}$ | Referenzwert<br>( $p_{abs} = p_{amb}$ )<br><br>Druckmedium: Öl<br><br>Die Messunsicherheit des Barometers $U_{baro}$ ist zu berücksichtigen. |
|   | > 71 bar bis 701 bar                   |  | $8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 0,72 \text{ mbar} + U_{baro}$ |  |
| Absolutdruck $p_{abs}$ *)                     | > 0 bar bis 301 bar                    | DKD-R 6-1:2014<br><br>Kalibriermethode:<br>$p_{abs} = p_e + p_{amb}$ | $5,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs} + 30 \text{ mbar} + U_{baro}$   | Druckmedium:<br>Wasser<br><br>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<br>Überdruck $p_e$ *) | -200 mbar bis 200 mbar                 | DKD-R 6-1:2014<br><br>Kalibriermethode:<br>$p_e = p_{abs} - p_{amb}$ | 25 $\mu\text{bar}$   | Druckmedium: Gas<br><br>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<br>( $p_e = 0 \text{ bar}$ )<br><br>Druckmedium: Öl   |
|   | > 70 bar bis 700 bar                   |  | $8,2 \cdot 10^{-5} \cdot p_e + 0,72 \text{ mbar}$                |  |
| 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:<br>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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich / Messspanne  | Messbedingungen<br>/ Verfahren         | Erweiterte<br>Messunsicherheit         | Bemerkungen  |
|--|---------------------------|--|--|--|
| Volumendurchfluss $Q$<br>von strömenden Gasen<br>Durchflussmesser oder<br>-regler mit einer<br>Anzeige oder<br>Messumformer mit<br>elektronischer<br>Schnittstelle | 5 mL/min bis 50 L/min     | Volumeter<br>als Normal                | $0,3 \% \cdot Q + 0,02 \text{ mL/min}$ | $Q = \text{Messwert}$  |
|  | 10 mL/min bis 200 mL/min  | Laminar Flow<br>Elemente als<br>Normal | $0,5 \% \cdot Q + 0,02 \text{ mL/min}$ | Kalibriermedium<br>trockene Luft (rel.<br>Feuchte < 10 %)<br>Messbereiche bezogen<br>auf trockene Luft von<br>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 /<br>Kalibriergegenstand      | Messbereich / Messspanne | Messbedingungen<br>/ Verfahren                | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen |
|---|--------------------------|---|--------------------------------|-------------|
| Kraft<br>Messgeräte und<br>Aufnehmer *) | 50 N bis 50 kN           | Zug- und<br>Druckkraft nach<br>DKD-R 3-3:2018 | 0,05 %                         |             |

**Mechanische Messgrößen – Drehmoment**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                                 | Messbereich / Messspanne | Messbedingungen<br>/ Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen                    |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Drehmoment<br>Handbetätigte<br>Drehmoment -<br>Schraubwerkzeuge *) | 0,2 N·m bis < 1 N·m      | DIN EN ISO<br>6789-2:2017      | 0,9 %                          | Drehmoment-<br>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 /<br>Kalibriergegenstand           | Messbereich / Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen   |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Masse oder<br>konventioneller<br>Wägewert *) | 10 mg                    | OIML R111-01:2004              | 0,025 mg                       | für Gewichtsstücke nach<br>OIML R 111-1:2004<br>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<br>OIML R 111-1:2004<br>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<br>OIML R 111-1:2004<br>gemäß der Klasse F <sub>2</sub> |
|  | 1 kg                     |                                | 5,0 mg                         |   |
|  | 2 kg                     |                                | 30 mg                          | für Gewichtsstücke nach<br>OIML R 111-1:2004<br>gemäß der Klasse M <sub>1</sub> |
|  | 5 kg                     |                                | 25 mg                          | für Gewichtsstücke nach<br>OIML R 111-1:2004<br>gemäß der Klasse F <sub>2</sub> |
|  | 10 kg                    |                                | 0,5 g                          | für Gewichtsstücke nach<br>OIML R 111-1:2004<br>gemäß der Klasse M <sub>2</sub> |
|  | 20 kg                    |                                | 0,3 g                          | für Gewichtsstücke nach<br>OIML R 111-1:2004<br>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 /<br>Kalibriergegenstand           | Messbereich / Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen     |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Masse oder<br>konventioneller<br>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 /<br>Kalibriergegenstand                        | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren       | Erweiterte<br>Messunsicherheit | Bemerkungen  |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Waagen<br>Nichtselbsttätige<br>elektronische<br>Waagen *) | ≤ 50 kg                     | EURAMET cg-18:2015<br>DKD-R 7-2:2018 | $1 \cdot 10^{-6}$              | Mit Gewichtstücken<br>Genauigkeitsklasse E <sub>2</sub><br>nach OIML R111-1:2004 |
|   | ≤ 150 kg                    |                                      | $2 \cdot 10^{-5}$              | Mit Gewichtstücken<br>Genauigkeitsklasse F <sub>2</sub><br>nach OIML R111-1:2004 |

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

**Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen**

**Permanentes Laboratorium - Standort Eichenau**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                      |        | Erweiterte<br>Messunsicherheit                 | Bemerkungen   |
|---|--|--------------------------------------|--------|--|---|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren       |        |  |   |
| Widerstands-<br>thermometer,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Widerstandssensor *)                                   | 0,01 °C                                | DKD-R 5-12018<br>Wassertripelpunkt   |        | 15 mK  | Kalibrierung am<br>Temperaturfixpunkt               |
|   | -80 °C bis < -40 °C                    | DKD-R 5-1:2018<br>im Ethanolbad      |        | 45 mK  | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>thermometern |
|   | -40 °C bis < 0 °C                      |                                      |        | 25 mK  |   |
|   | 0 °C bis 100 °C                        | DKD-R 5-1:2018<br>im Silikonölbad    |        | 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<br>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-<br>Thermoelemente,<br>direktanzeigende Ther-<br>mometer mit Nicht-<br>edelmetall-Thermo-<br>elementsensor *) | -80 °C bis < -35 °C                    | DKD-R 5-3:2018<br>im Ethanolbad      |        | $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 0,13 \text{ K}$ | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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<br>im Silikonölbad    |        | 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<br>im Blockkalibrator |        | $0,6 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,07 \text{ K}$   |   |
|   | > 700 °C bis 1210 °C                   | DKD-R 5-3:2018<br>im Blockkalibrator |        | $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$    | Vergleich mit Normal-<br>Thermoelement              |
| Edelmetall-<br>Thermoelemente,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Edelmetall-Thermo-<br>elementsensor *)               | 0 °C bis 35 °C                         | DKD-R 5-3:2018<br>im Silikonölbad    |        | 0,21 K   | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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<br>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<br>im Blockkalibrator |        | $1,4 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,3 \text{ K}$    | Vergleich mit Normal-<br>Thermoelement              |
| Blockkalibratoren *)  | -80 °C bis 0 °C                        | DKD-R 5-4:2018                       |        | 0,10 K   | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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 /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                            | Erweiterte<br>Messunsicherheit                                     | Bemerkungen  |
| Temperaturanzeiger-<br>geräte und -simulatoren<br>für Widerstands-<br>thermometer *) | -199 °C                     | DKD-R 5-5:2018<br>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  | $12 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 4$ mK                                |  |
| Pt25   | -200 °C bis -150 °C         |   | 2,3 mK   |  |
|  | > -150 °C bis 800 °C        |   | $19 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 10$ mK                               |  |
| Pt500  | -200 °C bis 300 °C          |   | $13 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,5$ mK                              |  |
|  | > 300 °C bis 800 °C         |   | $18 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 5,4$ mK                              |  |
| Pt1000   | -200 °C bis 800 °C          | $17 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 3,8$ mK                     |  |  |
| für Nichtedelmetall-<br>Thermoelemente *)  | -200 °C bis < 0 °C          | DKD-R 5-5:2018<br>ohne Vergleichs-<br>stellenkompensation | $85 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11$ mK                               |  |
| Typ K  | 0 °C bis 1300 °C            |   | $5,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^2 + 0,17 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11$ mK |  |
| Typ J  | -200 °C bis < 0 °C          |   | $61 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 8$ mK                                |  |
|  | 0 °C bis 1200 °C            |   | $5,6 \cdot 10^{-6} \cdot T + 8$ mK                                 |  |
| Typ T  | -200 °C bis < 0 °C          |   | $80 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11$ mK                               |  |
|  | 0 °C bis 400 °C             |   | 11 mK  |  |
| Typ E  | -200 °C bis < 0 °C          |   | $56 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 7$ mK                                |  |
|  | 0 °C bis 1000 °C            |   | $4,4 \cdot 10^{-6} \cdot T + 7$ mK                                 |  |
| Typ N  | -200 °C bis < 0 °C          |   | $0,12 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 16$ mK                             |  |
|  | 0 °C bis 1300 °C            |   | $12 \cdot 10^{-9} \cdot T^2 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot T + 16$ mK    |  |
| für Edelmetall-<br>Thermoelemente *)   | 0 °C bis 500 °C             | DKD-R 5-5:2018<br>ohne Vergleichs-<br>stellenkompensation | $-64 \cdot 10^{-6} \cdot T + 75$ mK                                |  |
| Typ R, Typ S   | > 500 °C bis 1768 °C        |   | 45 mK  |  |
| Typ B  | 0 °C bis 1200 °C            |   | $26 \cdot T^{-0,85}$   |  |
|  | > 1200 °C bis 1820 °C       | 60 mK   |  |  |
| für Thermo-<br>elemente *)   | -200 °C bis 1500 °C         | DKD-R 5-5:2018<br>mit Vergleichs-<br>stellenkompensation  | $\sqrt{U_{TC}^2 + (0,06 K)^2}$                                     | $U_{TC}$ = Unsicherheit des<br>Anzeigerätes für<br>Thermoelemente ohne<br>Vergleichsstellen-<br>kompensation |
| Messorte in<br>Klimaschränken mit<br>Umluft *)                                       | -80 °C bis 180 °C           | DKD-R 5-7:2018<br>Methode C                               | 0,50 K   |  |
|  | > 180 °C bis 300 °C         |   | 0,70 K   |  |
| Klimaschränke mit<br>Umluft *)   | -80 °C bis 100 °C           | DKD-R 5-7:2018<br>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**

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

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

**Permanentes Kalibrierlaboratorium - Standort Eichenau**

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

**Standort Nürnberg**

**Permanentes Laboratorium – Standort Nürnberg**

Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)

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

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

**Standort Regensburg**

**Permanentes Laboratorium - Standort Regensburg**

**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

Standort Steinfurt

Permanentes Laboratorium – Standort Steinfurt

| Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)   |                             |  |  |  |
|--|-----------------------------|--|--|--|
| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand   | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                               | Erweiterte<br>Messunsicherheit   | Bemerkungen  |
| <b>Temperatur</b><br>Widerstandsthermo-<br>meter,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Widerstandssensor *) | -40 °C bis 0 °C             | DKD-R 5-1:2018<br>im Blockkalibrator                         | $-1,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063 \text{ K}$      | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>thermometern.<br><br>t: Temperatur in °C                              |
|  | > 0 °C bis 155 °C           |  | $0,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 0,063 \text{ K}$       |  |
| <b>Druck</b><br>Absolutdruck $p_{\text{abs}}$ *)   | 0 bar bis 21 bar            | DKD-R 6-1:2014   | $45 \cdot 10^{-6} \cdot p_{\text{abs}} + 0,6 \text{ mbar} + U_{\text{baro}}$ | Druckmedium Gas<br><br>Die Messunsicherheit<br>des Barometers $U_{\text{baro}}$ ist<br>zu berücksichtigen    |
|  | > 21 bar bis 700 bar        | Kalibriermethode:<br>$p_{\text{abs}} = p_e + p_{\text{amb}}$ | $79 \cdot 10^{-3} \cdot p_{\text{abs}} + U_{\text{baro}}$                    | Druckmedium Wasser<br><br>Die Messunsicherheit<br>des Barometers $U_{\text{baro}}$ ist<br>zu berücksichtigen |
| negativer und positiver<br>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 /<br>Kalibriergegenstand  | Messbereich /<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren                                       | Erweiterte<br>Messunsicherheit                               | Bemerkungen  |
| <b>Temperatur</b><br>Widerstandsthermo-<br>meter,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Widerstandssensor *)  | -20 °C bis 100 °C           | DKD-R 5-1:2018<br>im Silikonölbad                                    | 0,047 K  | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>thermometern.<br>t: Temperatur in °C.   |
| <b>Druck</b><br>Absolutdruck $p_{abs}$ *)   | 0 bar bis 21 bar            | DKD-R 6-1:2014<br><br>Kalibriermethode:<br>$p_{abs} = p_e + p_{amb}$ | $45 \cdot 10^{-6} \cdot p_{abs}$<br>+ 0,46 mbar + $U_{baro}$ | Druckmedium Gas<br>Die Messunsicherheit<br>des Barometers $U_{baro}$ ist<br>zu berücksichtigen   |
|   | > 21 bar bis 200 bar        |  | $2,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$<br>+ 27 mbar + $U_{baro}$  |  |
|   | > 200 bar bis 1000 bar      |  | $9,7 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$<br>+ 59 mbar + $U_{baro}$  | Druckmedium Wasser<br>Die Messunsicherheit<br>des Barometers $U_{baro}$ ist<br>zu berücksichtigen                                      |
| negativer und positiver<br>Überdruck $p_e$ *)   | -400 mbar bis 400 mbar      | DKD-R 6-1:2014   | 0,10 mbar  | Druckmedium Gas<br>Die Messunsicherheit<br>des Barometers $U_{baro}$ ist<br>zu berücksichtigen   |
|   | -1 bar bis 20 bar           |  | $45 \cdot 10^{-6} \cdot p_e + 0,46$ mbar                     |  |
|   | > 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 $Q$<br>von strömenden Gasen<br>Durchflussmesser oder<br>-regler mit einer<br>Anzeige oder Messum-<br>former mit elektroni-<br>scher Schnittstelle | 0,005 L/min bis 0,03 L/min  | QMH Kapitel<br>XXV.6: Version 7                                      | 0,3 mL/min   | $Q$ = Messwert<br>Kalibriermedium Luft<br>(rel. Feuchte < 10 %)<br>Messbereiche bezogen<br>auf trockene Luft von<br>0 °C, 1013,25 mbar |
|   | > 0,03 L/min bis 200 L/min  | Laminar Flow Elemente<br>als Normal                                  | 1 % · $Q$  |  |
|   | > 200 L/min bis 500 L/min   | MFC als Normal   | $0,89 \cdot 10^{-2} \cdot Q$<br>+ 0,52 L/min                 |  |

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

**Thermodynamische Messgrößen – Temperaturmessgrößen**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC) |                                      |  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                | Bemerkungen   |
|---|--|--------------------------------------|--|---|---|
|   | Messbereich /<br>Messspanne            | Messbedingungen /<br>Verfahren       |  |   |   |
| Widerstands-<br>thermometer,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Widerstandssensor *)                                   | 0 °C                                   | DKD-R 5-1:2018<br>Eispunkt           |  | 20 mK   | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>thermometer  |
|   | -40 °C bis 100 °C                      | DKD-R 5-1:2018<br>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-<br>Thermoelemente,<br>direktanzeigende Ther-<br>mometer mit Nicht-<br>edelmetall-Thermo-<br>elementsensor *) | -40 °C bis 200 °C                      | DKD-R 5-3:2018<br>im Blockkalibrator |  | $0,8 \cdot 10^{-3} \cdot  T  + 0,1 \text{ K}$ | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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-<br>Thermoelement        |   |
| Edelmetall-<br>Thermoelemente,<br>direktanzeigende<br>Thermometer mit<br>Edelmetall-Thermo-<br>elementsensor *)               | 0 °C bis 100 °C                        | DKD-R 5-3:2018<br>im Blockkalibrator |  | 0,22 K  | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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-<br>Thermoelement        |   |
| Blockkalibratoren *)  | -80 °C bis 0 °C                        | DKD-R 5-4:2018                       |  | 0,10 K  | Vergleich mit<br>Normalwiderstands-<br>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**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand                                   | Messbereich/<br>Messspanne | Messbedingungen /<br>Verfahren  | Erweiterte<br>Messunsicherheit                       | Bemerkungen  |  |  |
|--|----------------------------|---|--|--|--|--|
| Temperaturanzeegeräte und -simulatoren für Widerstandsthermometer *) | -199 °C                    | DKD-R 5-5:2018<br>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<br>ohne Vergleichsstellenkompensation                    | $12 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 4 \text{ mK}$          |  |  |  |
| 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<br>ohne Vergleichsstellenkompensation |  | $85 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 11 \text{ mK}$                               |  |
| Typ K  | 0 °C bis 1300 °C           |   |  |  | $5,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^2 + 0,17 \cdot 10^{-6} \cdot T + 11 \text{ mK}$ |  |
| Typ J  | -200 °C bis < 0 °C         |   |  |  | $61 \cdot 10^{-6} \cdot  T  + 8 \text{ mK}$                                |  |
|  | 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<br>ohne Vergleichsstellenkompensation                    | $-64 \cdot 10^{-6} \cdot T + 75 \text{ mK}$          |  |  |  |
| Typ R, Typ S   | > 500 °C bis 1768 °C       |   | 45 mK  |  |  |  |
| Typ B  | 0 °C bis 1200 °C           |   | $26 \cdot T^{-0,85}$                                 |  |  |  |
|  | > 1200 °C bis 1820 °C      | 60 mK   |  |  |  |  |
| für Thermo-elemente *)   | -200 °C bis 1500 °C        | DKD-R 5-5:2018<br>mit Vergleichsstellenkompensation                     | $\sqrt{U_{TC}^2 + (0,06 K)^2}$                       | $U_{TC}$ = Unsicherheit des Anzeigerätes für Thermoelemente ohne Vergleichsstellenkompensation |  |  |
| Messorte in Klimaschränken mit Umluft *)                             | -80 °C bis 180 °C          | DKD-R 5-7:2018<br>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<br>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**

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

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

**Mechanische Messgrößen – Durchflussmessgrößen**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

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

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

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

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

**Mechanische Messgrößen – Drehmoment**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

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

**Mechanische Messgrößen - Waagen**

**Vor-Ort-Kalibrierung**

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

**Anlage zur Teil-Akkreditierungsurkunde D-K-15019-01-02**
**Mechanische Messgrößen – Messgeräte im Kraftfahrwesen (MIK)**
**Vor-Ort-Kalibrierung**
**Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)**

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

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

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

**Vor-Ort-Kalibrierung**

| Messgröße /<br>Kalibriergegenstand  | Kalibrier- und Messmöglichkeiten (CMC)    |   |   | Bemerkungen  |
|---|---|---|---|--|
|   | Messbereich /<br>Messspanne               | Messbedingungen /<br>Verfahren                                      | Erweiterte<br>Messunsicherheit  |  |
| Abgasmessgeräte für<br>Fremdzündungsmotoren<br>Gaskonzentration<br>Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | 80 ppm vol<br>200 ppm vol<br>2000 ppm vol | Verkehrsblatt 2018,<br>Heft 11, Nr. 100<br><br>QMH Kapitel 26-7 XXX | 2 ppm vol<br>3 ppm vol<br>24 ppm vol                                    | ppm vol = 10 <sup>-6</sup> · m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup><br>% vol = 10 <sup>-2</sup> · m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> |
| Kohlenstoffdioxid CO <sub>2</sub>   | 3 % vol<br>6 % vol<br>14 % vol            |   | 0,039 % vol<br>0,072 % vol<br>0,17 % vol                                |  |
| Kohlenstoffmonoxid CO   | 0,1 % vol<br>0,5 % vol<br>3,5 % vol       |   | 0,0039 % vol<br>0,0070 % vol<br>0,042 % vol                             |  |
| Sauerstoff O <sub>2</sub>   | 20,9 % vol                                |   | 0,31 % vol  |  |
| Abgasmessgeräte für<br>Kompressionszündungs-<br>motoren<br>Trübungsgrad                                 | 10 %; 30 %; 50 %; 70 %                    |   | 0,9 %   |  |
| Trübungskoeffizient   | 0,25 m <sup>-1</sup>                      | 0,02 m <sup>-1</sup>  | Der Trübungs-<br>koeffizient wird aus<br>dem Trübungsgrad<br>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**

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