

### 3.1 Kalibrier- und Messmöglichkeiten

Die Kalibrier- und Messmöglichkeiten der Abteilung 2 basieren unmittelbar auf den *Calibration and Measurement Capabilities (CMCs)*, die im Original in Appendix C der BIPM Datenbank hinterlegt sind. Sie werden in einem zweistufigen Prozess einer Begutachtung unterzogen, wobei in der ersten Stufe eine 100-prozentige Begutachtung durch die Mitglieder von EURAMET und in der zweiten Stufe eine statistische Kontrolle durch die regionalen Metrologieorganisationen (RMOs) unter Aufsicht *des Joint Committees of the BIPM and the Regions (JCRB)* des CIPM erfolgt. Die CMCs können in der folgenden Liste eingesehen werden, mit deren Hilfe ein direkter Link zur BIPM-Datenbank geschaltet wird.

In geringem Umfang werden seitens der Abteilung 2 auch Kalibrierleistungen außerhalb des CIPM MRA (ohne CMC-Einträge in der BIPM Datenbank) als [Zusatzleistung](#) angeboten. Desweiteren werden interne Kalibrierdienstleistungen für alle Fachabteilungen der PTB auf den Gebieten Elektrizität, Temperatur und Feuchte erbracht.

Die in Appendix C der BIPM-Datenbank aufgeführten CMC-Einträge der Abteilung 2 sind in die folgenden Kapitel unterteilt:

Kapitel	Titel	Bemerkungen
<b>1 Gleichspannung</b>	<a href="#">1.1 Gleichspannungsquellen</a>	-
	<a href="#">1.2 Gleichspannungsmessgeräte</a>	-
	<a href="#">1.3 Gleichspannungsverhältnisse</a>	-
<b>2 Gleichstromwiderstand</b>	<a href="#">2.1 Gleichstrom-Widerstandsnormale und -Quellen</a>	-
	<a href="#">2.2 Gleichstrom-Widerstandsmessgeräte</a>	-
	2.3 Gleichstrom-Widerstandsverhältnisse	keine Einträge
<b>3 Gleichstromstärke</b>	<a href="#">3.1 Gleichstromquellen</a>	-
	<a href="#">3.2 Gleichstrommessgeräte</a>	-
	3.3 Gleichstromverhältnisse	keine Einträge
<b>4 Impedanz</b>	<a href="#">4.1 Wechselstromwiderstand</a>	-
	<a href="#">4.2 Kapazität</a>	-
	<a href="#">4.3 Induktivität</a>	-
<b>5 Wechselspannung (bis etwa 1 MHz)</b>	<a href="#">5.1 Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transfer</a>	-
	<a href="#">5.2 Wechselspannungen bis 1000 V</a>	-
	<a href="#">5.3 Wechselspannungsverhältnisse, Dämpfung und Verstärkung</a>	-

Ausgabe-Nr. : <b>15</b>	erstellt durch: QMV	am: <b>2019-03-12</b>	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 1 von 8
----------------------------	------------------------	--------------------------	----------------	-----------------------------

<b>6</b> Wechselstromstärke	<a href="#">6.1 Wechselstrom-Gleichstrom-Transfer</a>	-
	<a href="#">6.2 Wechselströme bis 100 A</a>	-
	6.3 Wechselstromverhältnisse bis 100 A	keine Einträge
<b>7</b> Wechselleistung	<a href="#">7.1 Wechselleistung und -energie</a>	-
<b>8</b> Hochspannung und Hochstrom	<a href="#">8.1 Hohe Gleichspannungen</a>	-
	<a href="#">8.2 Hochspannungs-Impedanz</a>	-
	<a href="#">8.3 Hohe Wechselspannung</a>	-
	<a href="#">8.4 Stoßspannungen und -ströme</a>	-
	<a href="#">8.5 Elektrische Entladungen</a>	-
	<a href="#">8.6 Hohe Wechselströme</a>	-
	8.7 Hohe Gleichströme	keine Einträge
<b>9</b> Weitere Messungen bei Gleichstrom und Niederfrequenz	9.1 Elektrische Ladungen	keine Einträge
	<a href="#">9.2 Phasenverschiebungswinkel</a>	-
	9.3 Wellenform von Spannungen und Strömen	keine Einträge
<b>10</b> Elektrische und magnetische Felder	<a href="#">10.1 Elektrische Felder unterhalb 50 kHz</a>	-
	<a href="#">10.2 Magnetische Felder unterhalb 50 kHz</a>	-
	<a href="#">10.3 Elektrische Felder oberhalb von 50 kHz</a>	-
	10.4 EMV, Störfestigkeit	nur PTB intern
	10.5 EMV, Emission	nur PTB intern
	10.6 EMV, Prüfverfahren	nur PTB intern
<b>11</b> Hochfrequenzmessungen	<a href="#">11.1 HF-Leistung</a>	-
	<a href="#">11.2 Skalärer HF-Reflexionsfaktor und HF-Dämpfung</a>	-
	<a href="#">11.3 Streuparameter</a>	-
	11.4 Rauschen	keine Einträge
	11.5 Eigenschaften von Antennen	keine Einträge
	<a href="#">11.6 Eigenschaften von Signalen und Pulsen</a>	-
	<a href="#">11.7 HF-Spannung und HF-Stromstärke</a>	-
	11.8 HF-Impedanz und HF-Admittanz	keine Einträge
	<a href="#">11.9 Wellenwiderstand</a>	-

Ausgabe-Nr. : 15	erstellt durch: QMV	am: 2019-03-12	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 2 von 8
---------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------

<b>12</b> <b>Messung von</b> <b>Materialeigenschaften</b>	<a href="#">12.1 Elektrische Leitfähigkeit</a>	
	12.2 Dielektrische Eigenschaften	keine Einträge
	<a href="#">12.3 Weichmagnetische Bleche und Pulver</a>	-
	<a href="#">12.4 Weichmagnetisches Massivmaterial</a>	-
	<a href="#">12.5 Schwachmagnetisches, paramagnetisches und diamagnetisches Material</a>	-
	<a href="#">12.6 Hartmagnetisches Material</a>	-
	12.7 Magnetische Speichermedien	keine Einträge

Ausgabe-Nr. : <b>15</b>	erstellt durch: QMV	am: <b>2019-03-12</b>	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 3 von 8
----------------------------	------------------------	--------------------------	----------------	-----------------------------

### Zusatzleistung

Quantity	Instrument or Artifact	Method of Measurement	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?
DC current: Current ratio	Ultrastable Low-noise Current Amplifier	Calibration with cryogenic current comparator (14-bit)	1000:1	1000:1		Temperature	19 °C to 27 °C	2E-8		2	95%	Yes
DC resistance: Transresistance	Ultrastable Low-noise Current Amplifier	Calibration with cryogenic current comparator (14-bit) and standard resistor	1E6	1E6	Ω	Temperature	19 °C to 27 °C	20	nOhm/ Ohm	2	95%	Yes
Phase angle	Power meter	Sampling System	-π	+π	rad	Voltage, current, frequency	30V – 240V 0.005A – 100A 16.7Hz – 1000Hz	20 - 400	μrad	2	95%	Yes
DC-Power	Power meter		1.5	1.2E6	Watt	Voltage, current,	10 V – 1000 V 0.002 A – 1200 A	50 - 210	μW/W	2	95%	No

Ausgabe-Nr. : 15	erstellt durch: QMV	am: 2019-03-12	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 4 von 8
---------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------

Signal and pulse characteristics: step response	Electrical pulse-generator or optical photodiode	70 GHz sampling oscilloscope, femtosecond laser (only for photodiode)	-0.1 (multivariate quantity)	1.5 (multivariate quantity)	Voltage versus time	Bandwidth	1 GHz – 5 GHz	0.005 – 0.1 (multivariate quantity)	Voltage versus time	2	95 %	No
Signal and pulse characteristics: step response	50 GHz, 70 GHz, and 100 GHz sampling oscilloscopes	Optoelectronic time-domain measurements based on femtosecond lasers	-0.1 (multivariate quantity)	1.5 (multivariate quantity)	Voltage versus time	Type of coaxial connector	1.85 mm or 1.0 mm	Typically between 0.005 - 0.3 (multivariate quantity, depends on MC simulations)	Voltage versus time	2	95%	No
Signal and pulse characteristics: step response	Ultrafast photodiode	Optoelectronic time-domain measurements based on femtosecond lasers	-0.1 (multivariate quantity)	1.5 (multivariate quantity)		Nominal bandwidth, type of coaxial connector, excitation wavelength	70 GHz or 100 GHz, 1.85 mm or 1.0 mm, 1550 nm	Typically between 0.005 - 0.3 (multivariate quantity, depends on MC simulations)		2	95%	No
Hard magnetic material: Remanent magnetic flux density Br, remanent magnetic polarisation Jr	Permanent magnetic material cylinder	Electromagnet, coil system, Fluxmeter	0.1	2	T			0.001 – 0.02		2	95%	Yes

Ausgabe-Nr. : 15	erstellt durch: QMV	am: 2019-03-12	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 5 von 8
---------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------

Hard magnetic material: Coercivity $H_{cB}$	Permanent magnetic material cylinder	Electromagnet, coil system, Fluxmeter	1	1000	kA/m			0.003 – 0.01		2	95%	Yes
Hard magnetic material: Coercivity $H_{cJ}$	Permanent magnetic material cylinder	Electromagnet, coil system, Fluxmeter	1	2300	kA/m			0.003 – 0.01		2	95%	Yes
Hard magnetic material: Maximum Energy product $(B \cdot H)_{max}$	Permanent magnetic material cylinder	Electromagnet, coil system, Fluxmeter	5	500	kJ/m <sup>3</sup>			0.005 – 0.02		2	95%	Yes
Antenna gain	Antenna	Vector Network Analyzer	10	316		Connector: N (50 Ohm) PC 2.4 (50 Ohm) Waveguide Waveguide	1 – 18 GHz 1 – 50 GHz 50 – 75 GHz 75 – 110 GHz	0.035 0.035 0.072 1.12		2	95%	No
Power density	Security scanner	Spectrum analyzer	1E-8	10	mW/cm <sup>2</sup>	Frequency	3 GHz – 11 GHz 50 GHz – 110 GHz	0.32		2	95%	Yes

Ausgabe-Nr. : 15	erstellt durch: QMV	am: 2019-03-12	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 6 von 8
---------------------	------------------------	-------------------	----------------	-----------------------------

<b>AC-Power</b>	<b>Power Analyzer</b>	<b>Direct Comparison</b>	<b>3</b>	<b>3360</b>	<b>VA</b>	<b>Voltage, Current, Frequency,  cos(phi) </b>	<b>30 V – 240 V, 0.1 A – 14 A, 15 Hz – 20 kHz, 0 – 1</b>	<b>6.5E-5 6.5E-5 – 1.4E-3 6.5E-5 – 1.4E-3</b>	<b>VA/VA, W/VA, var/VA</b>	<b>2</b>	<b>95%</b>	<b>No</b>
<b>DC-Current</b>	<b>Current Sensors, Calibrators</b>	<b>Direct Comparison</b>	<b>0.5</b>	<b>1200</b>	<b>A</b>			<b>100 – 200</b>	<b>µA / A</b>	<b>2</b>	<b>95%</b>	<b>No</b>
<b>Relative permittivity</b>	<b>Split-cylinder resonator</b>	<b>Transmission measurement of TE0np resonances</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>temperature, Humidity, resonant frequencies (depending on dielectric properties and sample thickness)</b>	<b>23 ±0,5°C, 50±10%, 2 - 30 GHz</b>	<b>3%</b>		<b>2</b>	<b>95%</b>	<b>Yes</b>

Ausgabe-Nr. : <b>15</b>	erstellt durch: QMV	am: <b>2019-03-12</b>	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 7 von 8
----------------------------	------------------------	--------------------------	----------------	-----------------------------

<b>Loss tangent</b>	<b>Split-cylinder resonator</b>	<b>Transmission measurement of TE<sub>0np</sub> resonances</b>	<b>0.00005</b>	<b>0.01</b>	<b>-</b>	<b>temperature, Humidity, resonant frequencies (depending on dielectric properties and sample thickness)</b>	<b>23 ± 0,5°C, 50 ± 10%, 2 - 30 GHz</b>	<b>0.0001</b>		<b>2</b>	<b>95%</b>	<b>No</b>
---------------------	---------------------------------	--	----------------	-------------	----------	--	---	---------------	--	----------	------------	-----------

Aktualisiert am 12.03.2019 von Dr. K. Baaske

Ausgabe-Nr. : <b>15</b>	erstellt durch: QMV	am: <b>2019-03-12</b>	Kapitel 3.1	Seite von Seiten 8 von 8
----------------------------	------------------------	--------------------------	----------------	-----------------------------