

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



---

## Vergleichsbericht    Ringvergleich DKD-V 2-6            HF-Spannung 2017/2018

---

Ausgabe 10/2020

<https://doi.org/10.7795/550.20201109>



	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	2 / 19

## Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als *technisches Gremium* der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung Deutscher Kalibrierdienst (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

### Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

DKD-Geschäftsstelle

Bundesallee 100 38116 Braunschweig

Postfach 33 45 38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 5 92-8021

Internet: [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	3 / 19

*Zitiervorschlag für die Quellenangabe:*

*Vergleichsbericht DKD-V 2-6 Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018, Ausgabe 10/2020, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20201109*

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.



Autoren:

Susanne Weimann, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig  
 Dr.-Ing. Rolf Judaschke, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss *Hochfrequenz und Optik* des DKD.

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	4 / 19

## Vorwort

DKD-Vergleichsberichte verfolgen das Ziel, die Ergebnisse von Vergleichsmessungen offenzulegen, die im Rahmen des Deutschen Kalibrierdienstes organisiert, durchgeführt bzw. ausgewertet wurden. Sie enthalten Informationen über die Leistung der teilnehmenden Kalibrierlaboratorien für bestimmte Messungen und deren Vergleichbarkeit. In DKD-Vergleichsberichten wird nicht notwendigerweise in allen Details die Sichtweise des Vorstands oder der Fachausschüsse des DKD wiedergegeben.

Die DKD-Vergleichsberichte sollen die im Vergleich untersuchten Aspekte und Ergebnisse der Kalibrierung darstellen und durch die Publikation im Rahmen des DKD der großen Gemeinschaft der Kalibrierlaboratorien national und international zugänglich machen.

Experten- und Vergleichsberichte müssen nicht vom Vorstand genehmigt werden (Beschluss auf der 5. DKD-Vorstandssitzung), sondern nur vom jeweiligen Fachausschuss und der Geschäftsstelle.

## Zusammenfassung

Zwischen Oktober 2017 und Dezember 2018 wurde ein nationaler Ringvergleich in der Messgröße „HF-Spannung“ durchgeführt. Bei diesem Vergleich wurde die HF-DC-Transferdifferenz eines thermischen Sensors bei 8 Frequenzen zwischen 1 MHz und 1 GHz bestimmt. Das Ergebnis zeigte für alle Teilnehmer im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit den Referenzwerten.

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	5 / 19

## Inhaltsverzeichnis

1	Organisation.....	6
2	TransfERNormal.....	6
3	Teilnehmer .....	6
4	Messgrößen .....	6
4.1	Ergebnisberichte .....	6
4.2	Das Messobjekt.....	7
4.3	Die HF-Spannungstransferdifferenz .....	7
5	Ablauf der Messung .....	7
5.1	Umlauf der Normale .....	8
6	Methoden der Kalibrierung .....	8
6.1	ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Köln (D-K-15012-01-00) .....	8
6.2	1A CAL GmbH, Kassel (D-K-15115-01-01) .....	9
6.3	Fluke Deutschland GmbH, Köln (D-K-15123-01-00).....	9
6.4	MeßTechnikNord GmbH, Wedel (D-K-15086-01-01) .....	9
6.5	Trescal, Silkeborg / DK.....	9
6.6	ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Memmingen (D-K-15195-01-01).....	9
6.7	Systems Engineering GmbH & Co (D-K-19425-01-00).....	10
6.8	Testo Industrial Services GmbH, Kirchzarten (D-K-15070-01-01).....	10
6.9	Airbus Defence and Space GmbH, Manching (D-K-18731-01-00).....	10
6.10	ROHDE & SCHWARZ GmbH, Vimperk / CZ (D-K-15195-01-02).....	11
6.11	Tektronix GmbH, Köln (D-K-17602-01-00) .....	11
6.12	COMPRION GmbH, Paderborn (D-K-19708-01-00) .....	11
6.13	PTB, Braunschweig.....	11
7	Übersicht über die Messergebnisse.....	12
7.1	Vergleich der Ergebnisse .....	13
8	Auswertung des Ringvergleiches .....	18
8.1	Resümee zur Angabe der HF-Spannungstransferdifferenz .....	18
8.2	Resümee bzgl. des Messverfahrens .....	18
8.3	Resümee zum Ablauf des Vergleiches .....	18
9	Schlussbemerkung.....	18
10	Literaturverzeichnis.....	18

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	6 / 19

## 1 Organisation

Der nationale Vergleich „HF-Spannung“ wurde auf der 41. Sitzung des Fachausschusses *Hochfrequenz und Optik* des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD) am 12. Mai 2016 beschlossen. Die Organisation lag in den Händen der Arbeitsgruppe *Hochfrequenzmesstechnik* der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). Hier wurden auch die Referenzmessungen des Vergleiches vorgenommen.

## 2 TransfERNormal

Als Messobjekt des nationalen DKD-Ringvergleiches wurde ein eigens für den Vergleich an der PTB hergestellter thermischer Sensor, in dem sich ein planarer Quarz-Konverter befindet, mit N-Steckverbinder eingesetzt (siehe Abbildung 1 auf Seite 7).

## 3 Teilnehmer

<b>D-K-15012-01-00</b>	ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Köln
<b>D-K-15115-01-01</b>	1A CAL GmbH, Kassel
<b>D-K-15123-01-00</b>	Fluke Deutschland GmbH; Köln
<b>D-K-15086-01-01</b>	MeßTechnikNord GmbH, Wedel
<b>-ohne-</b>	Trescal, Silkeborg / DK
<b>D-K-15195-01-01</b>	ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Memmingen
<b>D-K-15195-01-02</b>	ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Vimperk / CZ
<b>D-K-15070-01-01</b>	Testo Industrial Services GmbH, Kirchzarten
<b>D-K-19708-01-00</b>	COMPRION GmbH, Paderborn
<b>D-K-19425-01-00</b>	Systems Engineering Kalibrierlaboratorium GmbH & Co
<b>D-K-17602-01-00</b>	Tektronix GmbH, Köln
<b>D-K-18731-01-00</b>	Airbus Defence and Space GmbH, Manching

## 4 Messgrößen

Die Messgröße des Ringvergleichs für das TransfERNormal war die absolute (auf Gleichspannung bezogene) HF-Spannungstransferdifferenz bei einer HF-Spannung von 1 V, was einer Thermoelement-Ausgangsspannung von ca. 4 mV entspricht.

Die Kalibrierfrequenzen betragen: 1 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 30 MHz, 50 MHz, 100 MHz, 500 MHz und 1 GHz (je nach Messmöglichkeit).

### 4.1 Ergebnisberichte

Die Teilnehmer sollten die Messergebnisse in einem Kalibrierschein angeben. Das verwendete Messverfahren sollte kurz beschrieben werden. Die Ergebnisse sollten dem Pilotlabor innerhalb von zwei Wochen nach erfolgter Messung zugesendet werden.

Außerdem sollte ein Foto (elektronisch) des Messaufbaus angefertigt werden. Ferner sollte die metrologische Rückführung (auf PTB, anderes Staatsinstitut oder DAkkS o. a. akkreditiertes Kalibrierlaboratorium) angegeben werden.

#### 4.2 Das Messobjekt

Beim Messobjekt handelte es sich um einen thermischen Konverter mit integrierter T-Verzweigung (In-Tee) (Eigenbau) mit Quarz PMJTC, N-Verbinder, der sich durch einen flachen Frequenzverlauf auszeichnet.



**Abbildung 1:** Thermischer Konverter in Tee (Eigenbau) mit Quarz PMJTC.

#### 4.3 Die HF-Spannungstransferdifferenz

Bei der Messfrequenz  $f_{\text{mess}}$  wurde die jeweilige in der Referenzebene liegende Wechselspannung mit der Normalmesseinrichtung ermittelt. Die relative Abweichung der Wechselspannung  $U_f$  von der Gleichspannung  $U_0$  in der Referenzebene des T-Stückes, die beide die gleiche Spannungsanzeige (DC Ausgang) hervorrufen, ist die Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenz  $\delta_f$ :

$$\delta_f = \frac{U_f - U_0}{U_0}.$$

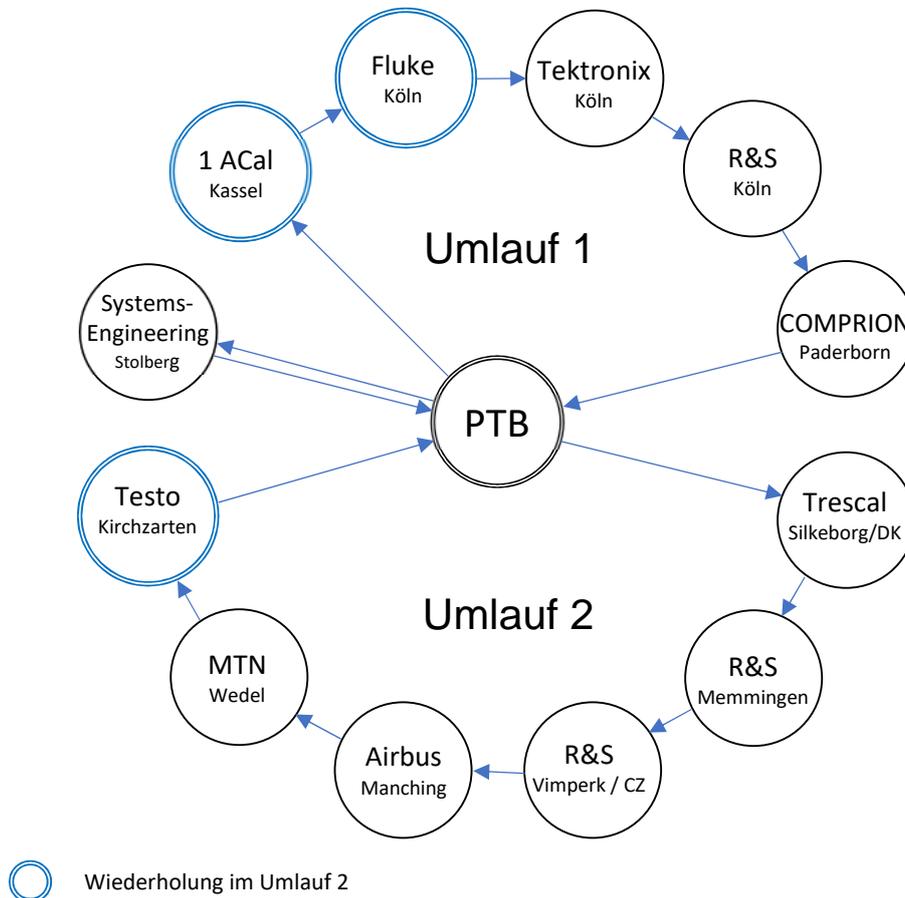
Dabei ist der Gleichspannungswert  $U_0$  der Mittelwert aus zwei Gleichspannungsmessungen entgegengesetzter Polarität:

$$U_0 = \frac{1}{2}(U_0^+ + U_0^-).$$

### 5 Ablauf der Messung

Für die Dauer der Kalibrierung wurde eine Woche je Kalibrierlaboratorium veranschlagt. Hinzu kam ein Zeitraum von einer Woche für den Versand zum nächsten Teilnehmer.

## 5.1 Umlauf der Normale



**Abbildung 2:** Umlaufschema der Normale.

## 6 Methoden der Kalibrierung

Die nachstehenden Beschreibungen des Kalibrierverfahrens sind auszugsweise aus den von den Kalibrierlaboratorien angefertigten Kalibrierscheinen direkt übernommen worden.

### 6.1 ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Köln (D-K-15012-01-00)

The input of the converter was connected to a DC source resp. a RF generator. The RF output was monitored with a 50 Ohm power sensor and at various frequencies adjusted to about 1 V, the resulting thermal voltage was measured with a digital multimeter. The measurement cycle was repeated 4 times.

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	9 / 19

### 6.2 1A CAL GmbH, Kassel (D-K-15115-01-01)

Für die Kalibrierung wurde zunächst die Transferdifferenz zwischen Gleichspannung und 1 kHz bestimmt. Im zweiten Schritt wurde ein AC-AC-Transfer relativ zu 1 kHz durchgeführt. Die angegebenen Messwerte wurden aus der Summe dieser beiden Messungen gebildet.

### 6.3 Fluke Deutschland GmbH, Köln (D-K-15123-01-00)

Der eingereichte Thermal-Konverter wurde mit einem 1 Volt Referenz-Thermalkonverter über das eingebaute T-Stück parallel geschaltet und durch einen Kalibrator (5730A) gespeist.

Anstelle einer Gleichspannung wurde eine niederfrequente Wechselspannung (100 kHz) als Referenz eingesetzt. Die einfallende Spannung an der Referenzebene betrug ca. 1,2 Volt. Bestimmt wurde das Verhältnis der auf den Konverter einfallenden Spannung bei der Messfrequenz zur Spannung bei der Referenzfrequenz.

### 6.4 MeßTechnikNord GmbH, Wedel (D-K-15086-01-01)

Es wird eine stabile Wechselspannung von ca. 1 V am PTB-Thermokonverter in Tee (HF-Eingang) eingespeist. Nach einer Aufwärmphase wird die Thermospannung am MTN-Thermokonverter, am zweiten Tor des PTB-Thermokonverters in Tee (Prüfling), und dem PTB-Thermokonverter (DC Ausgang) gemessen und notiert.

Abgleich am MTN-Thermokonverter:

Es wird eine positive Gleichspannung eingespeist. Die positive Gleichspannung ( $U_{DC+,MTN}$ ) wird so lange erhöht/verringert, bis die dabei gemessene Thermospannung am MTN-Thermokonverter der Thermospannung ( $U_{thAC,MTN}$ ) entspricht. Dann wird eine negative Gleichspannung ( $U_{DC-,MTN}$ ) eingespeist. Das gleiche Messverfahren wird für die negative Gleichspannung angewandt.

Der Abgleich am PTB-Thermokonverter erfolgte entsprechend des MTN-Thermokonverters.

Bei der Messung von 500 MHz und 1 GHz wird die Wechselspannung ( $U_{AC}$ ) mit Power Sensor, Rohde & Schwarz NRV-Z51, direkt gemessen.

### 6.5 Trescal, Silkeborg / DK

The Thermal Converter (DUT) has been calibrated by use of the measurement set-up for the measurement of AC-DC voltage transfer difference at the National Laboratory DANIAMet-MI-TRESCAL.

The DUT was connected in parallel to the national standards, and AC voltage and DC voltage of both polarities were applied alternately. The reference plane for this calibration is the centre of the built-in Tee of the DUT.

At each frequency the measurements are repeated 12 times, and the result is given below.

### 6.6 ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, Memmingen (D-K-15195-01-01)

Der Kalibriergegenstand wird mit einem thermischen Messkopf NRP-Z51 für Wechselspannungs-gleichspannungs-Transfer und seine relativen Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenzen bei den genannten Messfrequenzen und Messspannungen ermittelt.

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	10 / 19

Die Spannungseingänge des Kalibriergegenstandes und des thermischen Messkopfes NRP-Z51 werden über eine in Tee-Verzweigung vom Typ N parallelgeschaltet und abwechselnd mit Wechselspannung und Gleichspannung verschiedener Polarität beaufschlagt.

Bei der Messfrequenz wurde die jeweilige in der Referenzebene liegende Wechselspannung, die eine konstante Spannungsanzeige bewirkte, mit der Normalmesseinrichtung ermittelt.

### **6.7 Systems Engineering GmbH & Co (D-K-19425-01-00)**

Die Kalibrierung erfolgte durch Vergleich der Anzeige des Kalibriergegenstandes mit den durch die Kalibriergeräte/Normale dargestellten Werten. Bezug ist die Realisierung der Einheiten der PTB.

Es wurden die absoluten und relativen HF-Spannungstransferdifferenzen bei verschiedenen Frequenzen bis 1 GHz bestimmt.

Als Normal wurde ein an der PTB kalibrierter 50 Ohm Messkopf NRV-Z51 in Verbindung mit einem NRVD-Grundgerät eingesetzt.

Der Messkopf wurde direkt mit dem thermischen Konverter (Prüfling) verbunden.

Die Ausgangsspannung des thermischen Konverters (DC-Ausgang) wurde mit einem Nano-Voltmeter 34420A gemessen.

Als Signalquelle wurde ein Oszilloskop-Kalibrator 5800A eingesetzt, der sowohl Gleichspannungen als auch HF-Signale im Bereich von 50 kHz bis 2,2 GHz erzeugen kann.

Im Gleichspannungsbetrieb wurden zwei Gleichspannungen entgegengesetzter Polarität, deren Mittelwert 1 V betrug in das T-Stück eingespeist. Die Anzeige des NRV-Z51/NRVD wurde auf 1 V normiert.

Der Mittelwert der Anzeige des Nano-Voltmeter (Ausgang thermischer Sensor) entspricht dem Referenzwert für 1 V Gleichspannung.

Bei den verschiedenen Frequenzen wurde der Referenzwert am Nano-Voltmeter eingestellt und die entsprechende HF-Spannung am NRV-Z51/NRVD abgelesen.

### **6.8 Testo Industrial Services GmbH, Kirchzarten (D-K-15070-01-01)**

Der Kalibriergegenstand wurde mit der Normalmesseinrichtung für Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transfer der Testo Industrial Services GmbH bis 50 MHz verglichen.

Die Kalibrierung bis 50 MHz umfasst die Bestimmung der Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenz bei 1 V durch einen direkten Vergleich mit einem Normal mit einer bekannten Transferdifferenz bei verschiedenen Frequenzen.

Um die Spannung  $U_f$  bis 50 MHz zu bestimmen, wurde der Pegel am Kalibrator (Fluke 5730A-05) so lange verändert, bis an der Ballantine 1395D-1 Referenz, unter Berücksichtigung der bekannten Transferdifferenz, die korrigierte Ausgangsspannung anlag.

### **6.9 Airbus Defence and Space GmbH, Manching (D-K-18731-01-00)**

Zur Ermittlung der HF-Spannungstransferdifferenz wurde der Kalibriergegenstand am Standard-Eingang mit einem NRS Messkopf verbunden. Am HF-Eingang wurde bei verschiedenen Frequenzen die HF-Spannung  $U_f = 1$  V angelegt. Die DC-Ausgangsspannungen von Prüfling und Standard wurden nach einer Einlaufzeit gleichzeitig auf Referenz Null gesetzt. Nach dem Umschalten auf DC-Spannung am HF-Eingang des Messaufbaus, wurde mit positiver DC-Spannung und negativer DC-Spannung substituiert. Man erhält dann  $U_0^+$  und  $U_0^-$ .

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	11 / 19

### **6.10 ROHDE & SCHWARZ GmbH, Vimperk / CZ (D-K-15195-01-02)**

Der Kalibriergegenstand wird mit einem thermischen Messkopf NRP-Z51 für Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transfer und seine relativen Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenzen bei den genannten Messfrequenzen und Messspannungen ermittelt.

Die Spannungseingänge des Kalibriergegenstandes und des thermischen Messkopfes NRP-Z51 werden über eine In-Tee-Verzweigung vom Typ N parallel geschaltet und abwechselnd mit Wechselspannung und Gleichspannung verschiedener Polarität beaufschlagt.

Bei der Messfrequenz wurde die jeweilige in der Referenzebene liegende Wechselspannung, die eine konstante Spannungsanzeige bewirkte, mit der Normalmesseinrichtung ermittelt.

### **6.11 Tektronix GmbH, Köln (D-K-17602-01-00)**

Die Firma Tektronix GmbH zog ihre Teilnahme nach erfolgter Messung zurück.

### **6.12 COMPRION GmbH, Paderborn (D-K-19708-01-00)**

Das von der PTB zur Verfügung gestellte Messobjekt „Thermal Konverter in Tee“ Q122-8 teeGo wurde im Gleichspannungsbereich von 0,65 V bis 1,15 V kalibriert. Die Spannung wurde über eine N-Buchse mit kurzem Kabel über „Hirschmann“-Klemmen von einem Burster-Digistant (Gleichspannungsquelle) zugeführt.

Die vom Messobjekt erzeugte Thermospannung wurde mit einem zweiten gleichartigen Agilent-Multimeter gemessen. Die Spannung wurde bei jedem Messpunkt auch verpolt angelegt.

Für die Wechselspannungsmessung wurde das Messobjekt direkt an die Buchse des Signalgenerators Rohde & Schwarz SMIQ 03B angeschlossen. An die noch freie Buchse des Messobjektes konnte dann der Durchgangskopf URV5-Z2 eines Rohde & Schwarz Millivoltmeters URV-55 eingesteckt werden.

Am Signalgenerator wurden 10,0 dBm eingestellt. Die für die verschiedenen Frequenzen erhaltenen Spannungen wurden jeweils notiert; für das Messobjekt war dies die Thermospannung, die mit einem Multimeter 3458A gemessen wurde, für den Durchgangskopf wurde die Spannung direkt vom Millivoltmeter angezeigt.

Mangels Gleichspannungs-/Wechselspannungsumschalter konnte das eigentlich vorzuziehende Verfahren, den Thermokonverter praktisch „gleichzeitig“ abwechselnd mit Gleichspannung und Wechselspannung zu betreiben nicht durchgeführt werden. Diese Kalibrierung wurde an verschiedenen Tagen wiederholt.

### **6.13 PTB, Braunschweig**

Der Kalibriergegenstand wird mit der PTB-Normalmesseinrichtung für Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transfer verglichen und seine relativen Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenzen bei den genannten Messfrequenzen und Messspannungen ermittelt.

Die Spannungseingänge des Kalibriergegenstandes und des Normalmessgerätes werden über eine In-Tee-Verzweigung vom Typ N parallelgeschaltet und abwechselnd mit Wechselspannung und Gleichspannung verschiedener Polarität beaufschlagt.

	<b>Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018</b> <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	12 / 19

Bei der Messfrequenz wurde die jeweilige in der Referenzebene liegende Wechselspannung, die eine konstante Spannungsanzeige bewirkte, mit der Normalmesseinrichtung ermittelt. Die Referenzebene der Spannungsmessung war der Mittelpunkt des T-Stückes.

## 7 Übersicht über die Messergebnisse

In diesem Abschnitt sind die Messergebnisse als grafische Übersicht dargestellt. In Abschnitt 8 sind die Messergebnisse für jedes Kalibrierlaboratorium für jede Frequenz tabellarisch zusammengefasst.

Aus der Zwischen- und der Rückmessung am Ende des Vergleichs im Labor der PTB ergibt sich, dass sich die Transferdifferenz im Verlauf des Ringvergleichs nicht signifikant geändert hat.

Es wurde der  $E_n$ -Wert bestimmt, wobei als Referenzwert der Mittelwert der drei im PTB-Laboratorium durchgeführten Messungen herangezogen wurde. Diese Vorgehensweise weicht von der Auswertung internationaler Vergleiche insofern ab, als dass nicht der Mittelwert der Ergebnisse **aller** teilnehmenden Labore als Referenzwert herangezogen wurde. Dies ist dadurch zu rechtfertigen, dass die Unsicherheiten der PTB als Pilot R&S Memmingen erheblich kleiner als die der Teilnehmer sind.

Der  $E_n$ -Wert ist ein in den Vergleichsmessungen der EA (European Cooperation for Accreditation), der früheren EAL (European Co-operation for Accreditation of Laboratories) [1], angegebenes Kriterium für die Abweichung des Laborwertes vom Referenzwert [2].

Dieser Wert wird wie folgt berechnet:

$$E_n = \frac{\delta_{DC,Lab} - \delta_{DC,Ref}}{\sqrt{U(\delta_{DC,Lab})^2 + U(\delta_{DC,Ref})^2}} \quad (1)$$

Darin sind:

- $\delta_{DC,Lab}$  : Messwert des teilnehmenden Kalibrierlaboratoriums
- $\delta_{DC,Ref}$  : Referenzmesswert der PTB
- $U(\delta_{DC,Lab})$  : Erweiterte Messunsicherheit des Messwerts des Kalibrierlaboratoriums
- $U(\delta_{DC,Ref})$  : Erweiterte Messunsicherheit des Referenzmesswertes der PTB

Idealer Weise sollten  $E_n$ -Werte nahe null liegen. Werte, die die Bedingung  $0,5 < |E_n| < 1$  erfüllen, sind ein akzeptables, jedoch kein gutes Ergebnis.

Auf den folgenden Seiten erfolgt zunächst eine Zusammenfassung der Messergebnisse des Vergleiches und nachfolgend der  $E_n$ -Werte.

Aufgrund der Reparatur des Konnektors nach dem ersten Umlauf wurde der  $E_n$ -Wert für jeden Umlauf separat bestimmt.

### 7.1 Vergleich der Ergebnisse

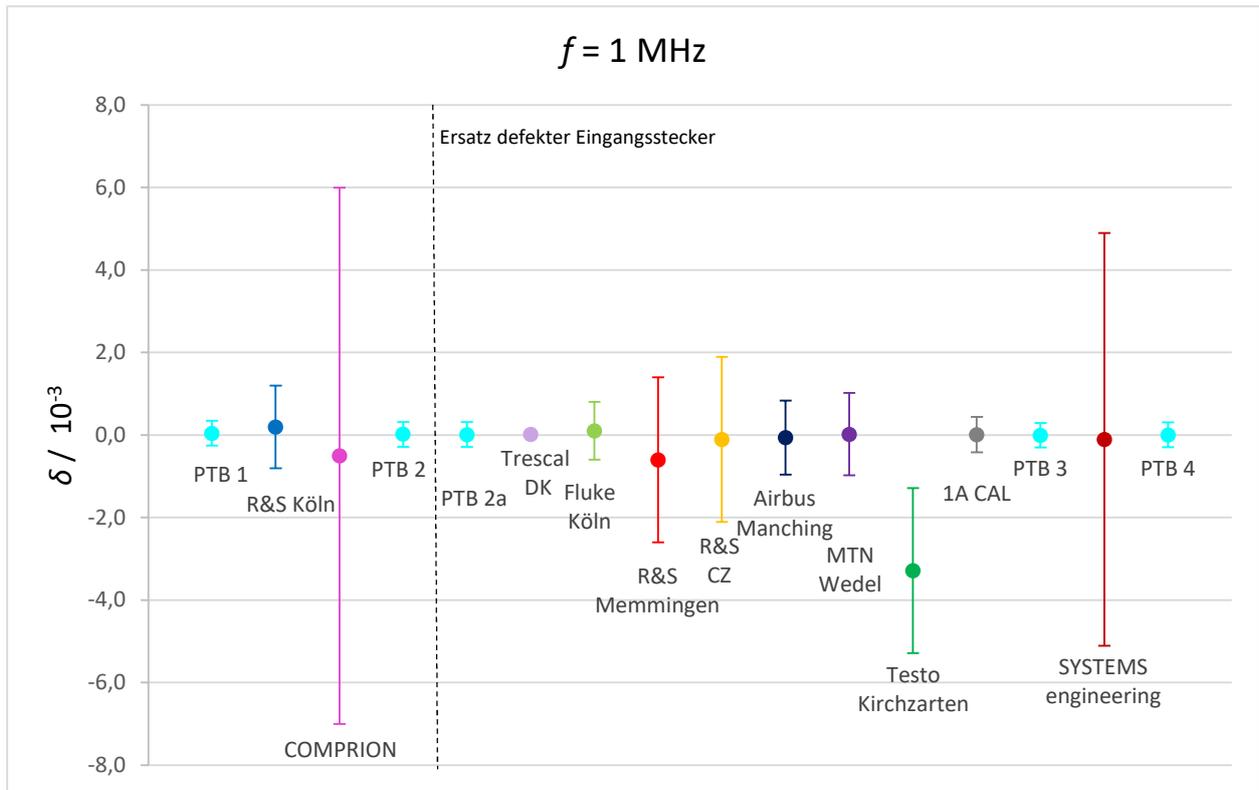


Abbildung 3: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 1 MHz.

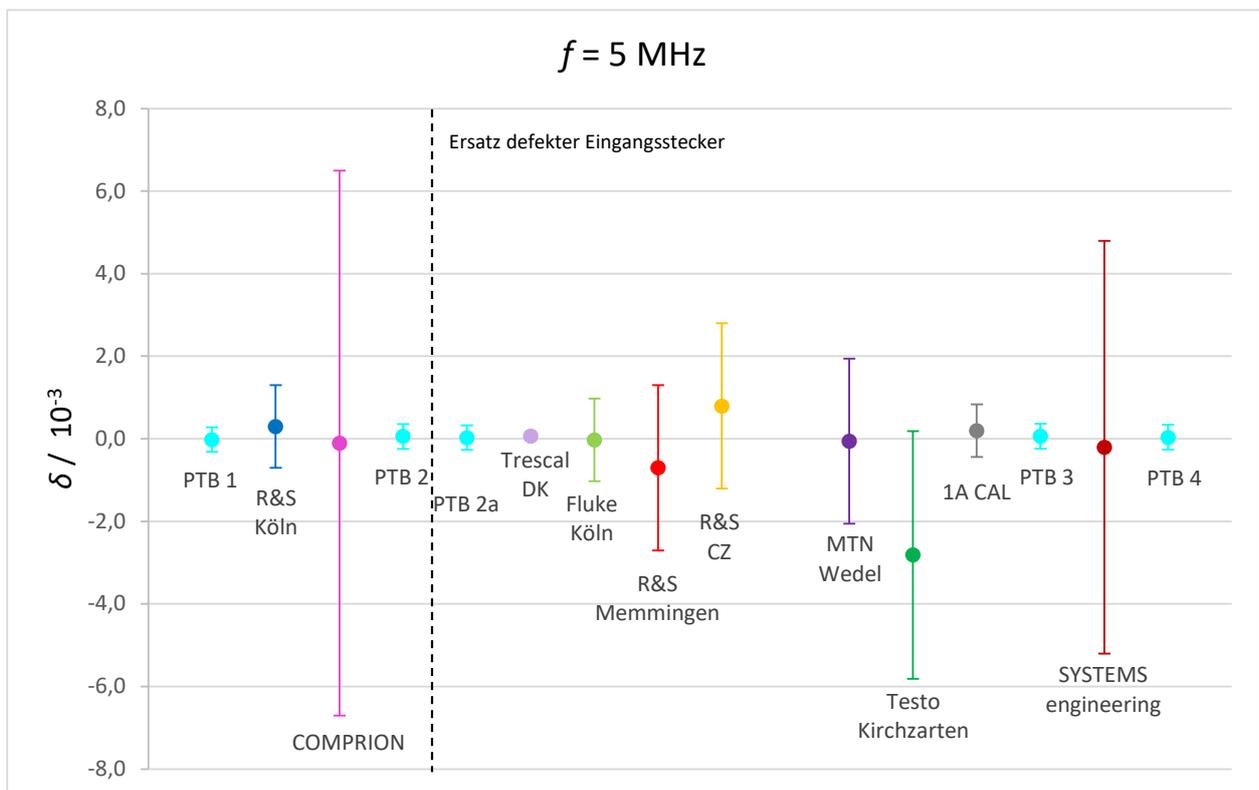


Abbildung 4: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 5 MHz.

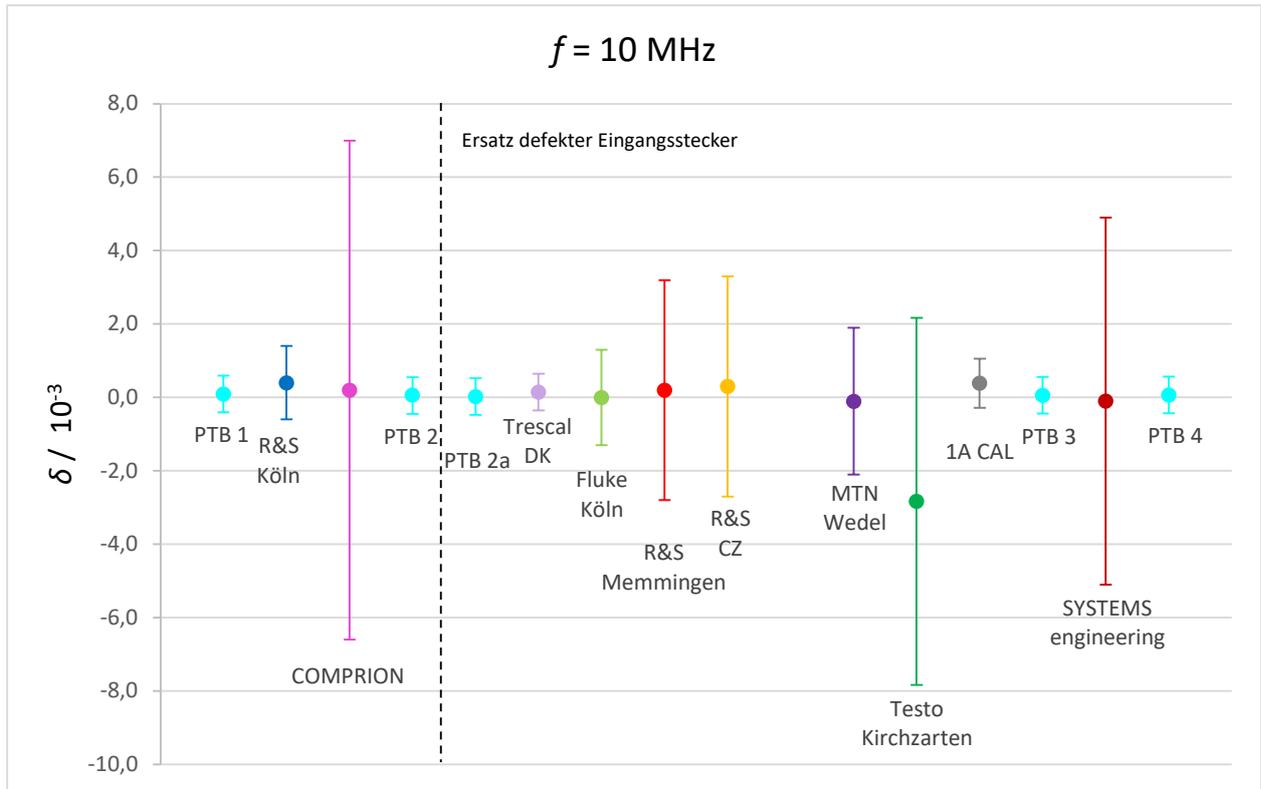


Abbildung 5: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 10 MHz.

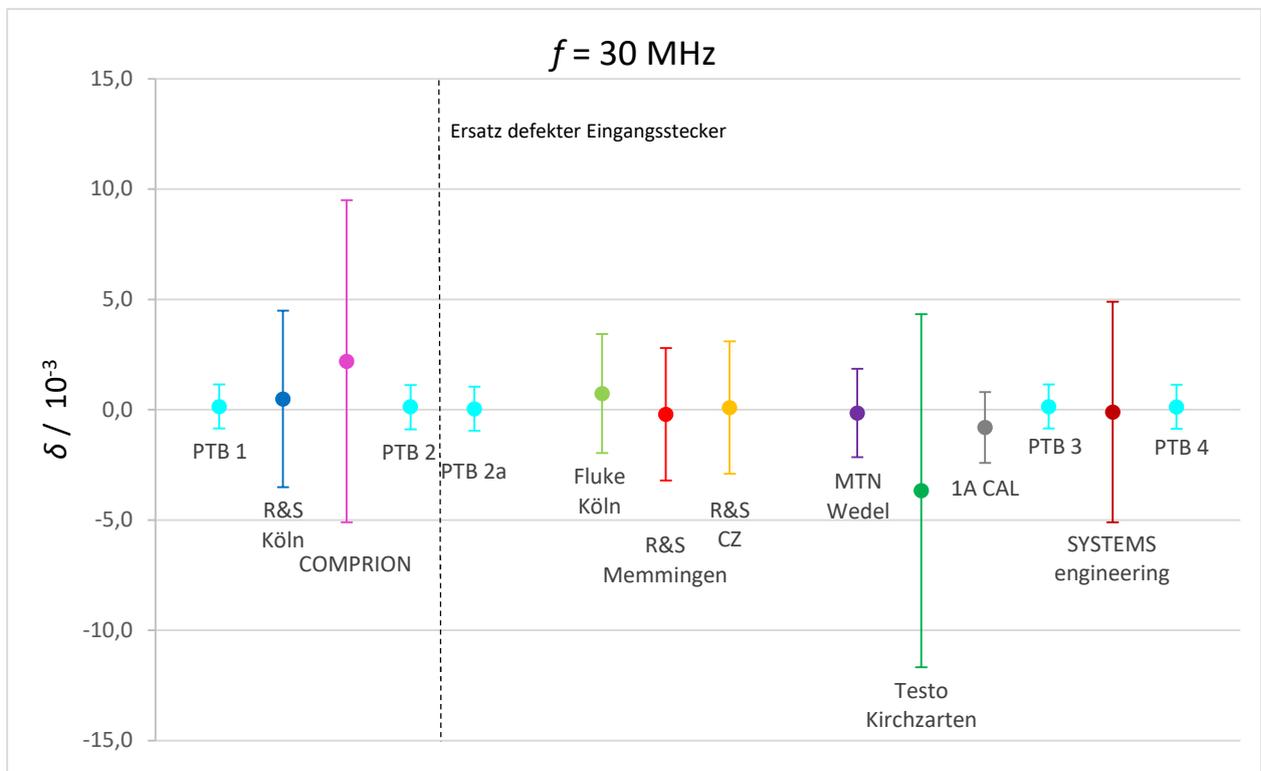


Abbildung 6: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 30 MHz.

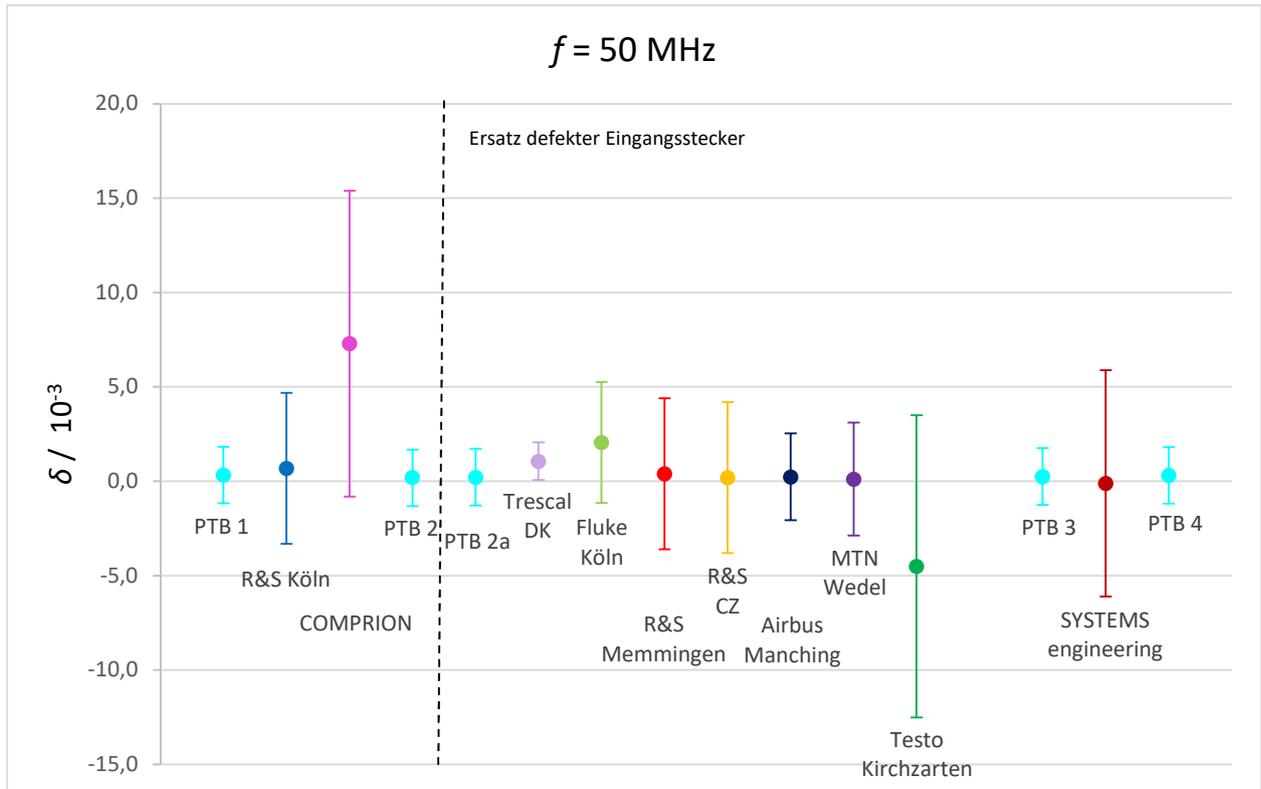


Abbildung 7: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 50 MHz.

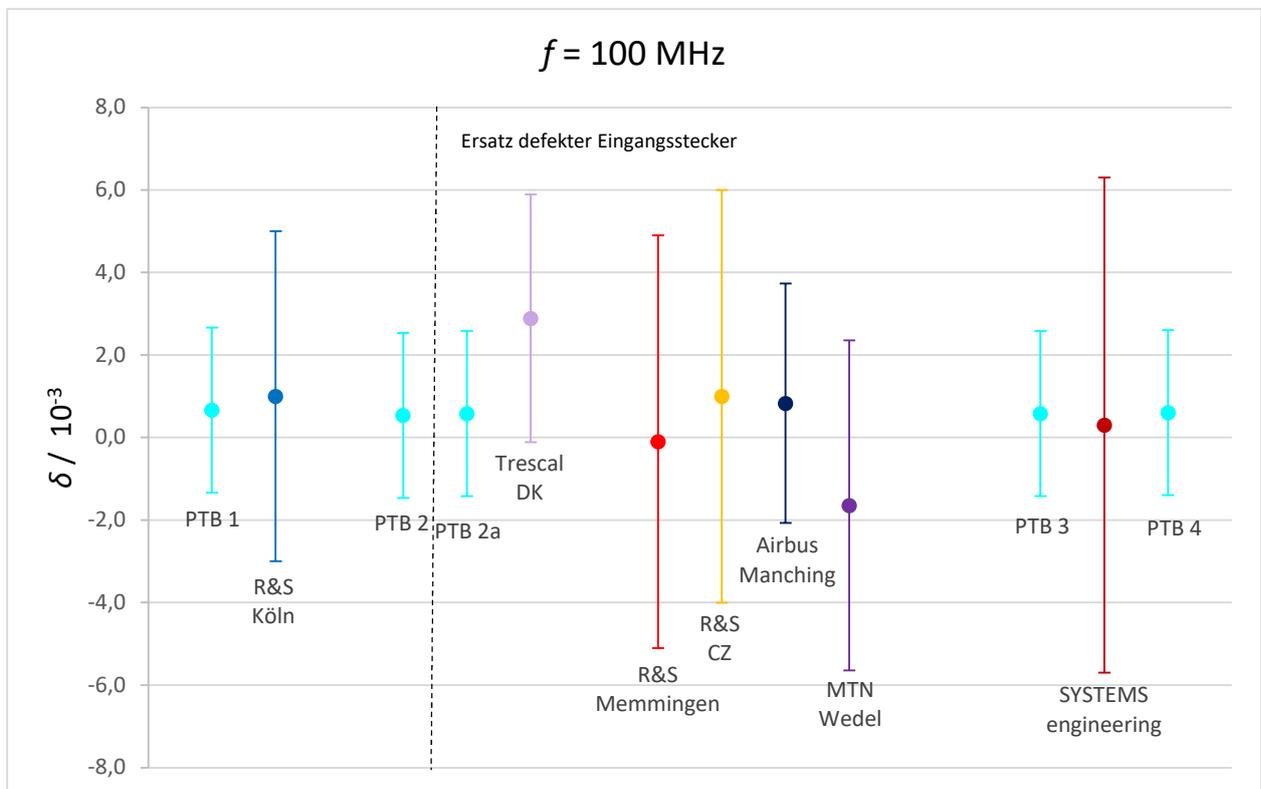


Abbildung 8: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 100 MHz.

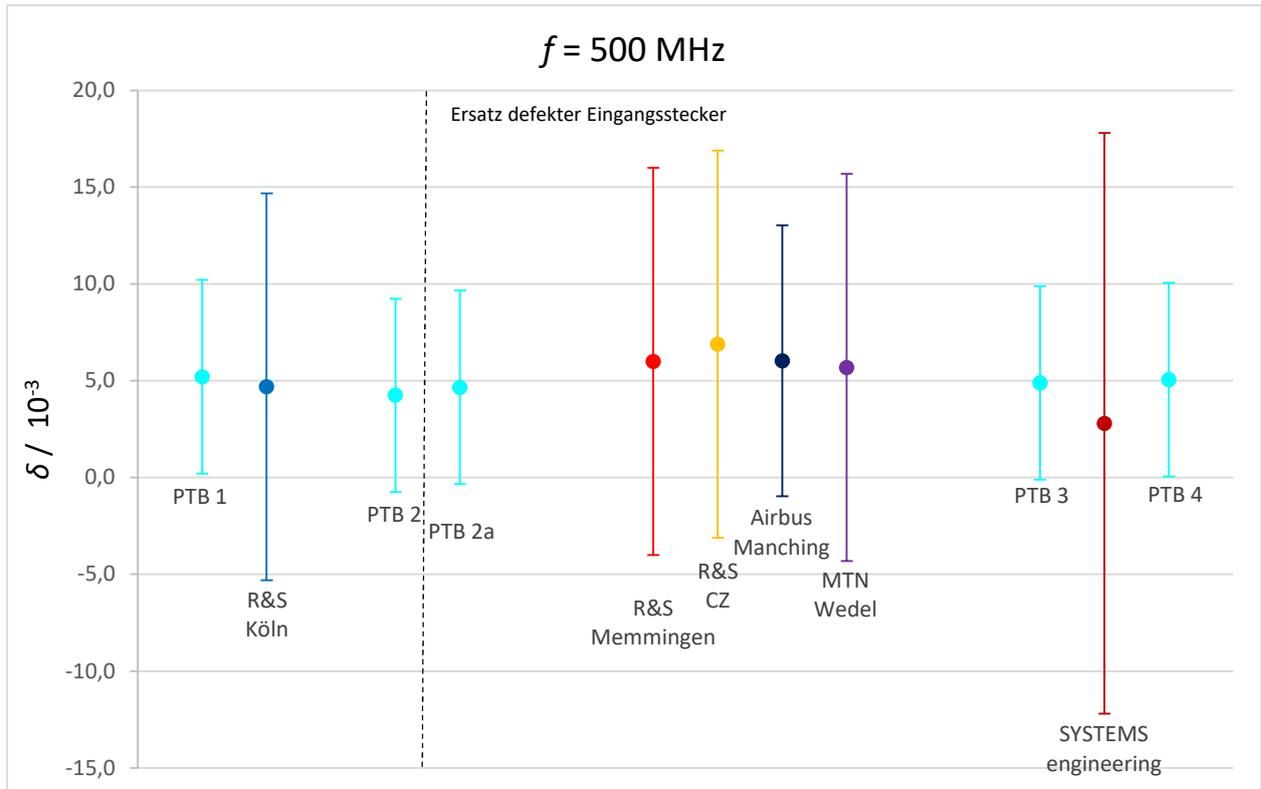


Abbildung 9: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 500 MHz.

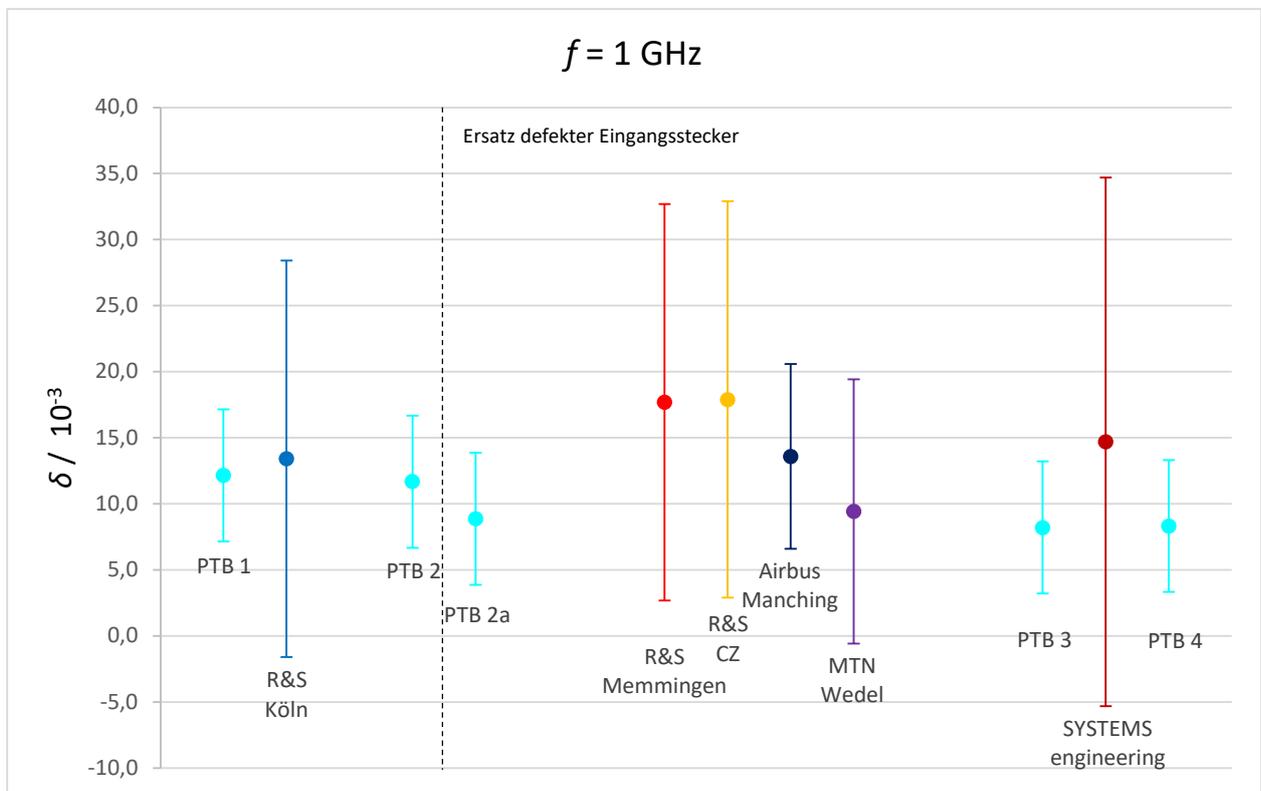


Abbildung 10: Vergleich der HF-Spannungstransferdifferenz bei 1000 MHz.

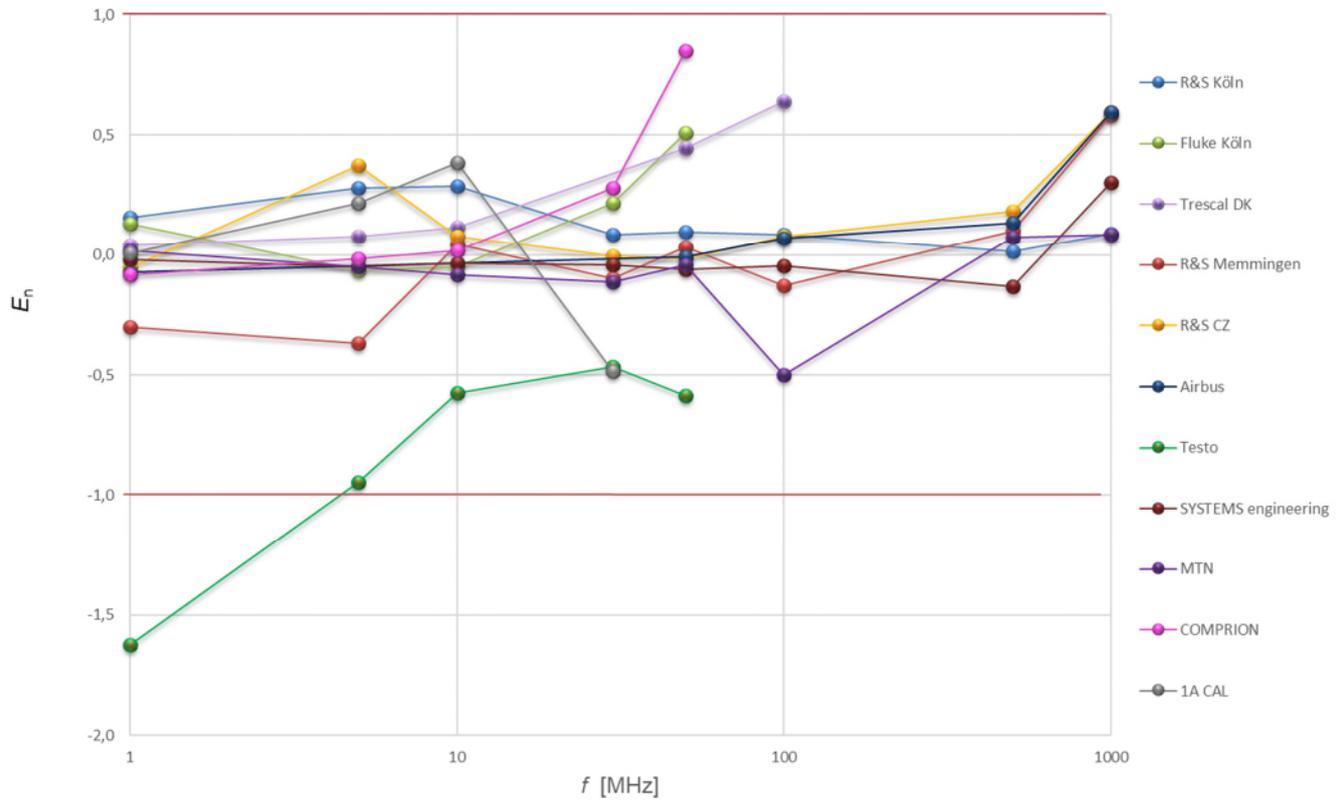


Abbildung 11: Vergleich der  $E_n$ -Werte.

	Ringvergleich HF-Spannung 2017/2018 <a href="https://doi.org/10.7795/550.20201109">https://doi.org/10.7795/550.20201109</a>	DKD-V 2-6	
		Ausgabe:	10/2020
		Revision:	0
		Seite:	18 / 19

## 8 Auswertung des Ringvergleiches

### 8.1 Resümee zur Angabe der HF-Spannungstransferdifferenz

Einige Laboratorien haben die HF-Spannungstransferdifferenz nicht auf eine Gleichspannung, sondern auf eine niederfrequente Wechselspannung bezogen. Im vorliegenden Bericht wurden diese Werte ohne weitere Korrektur übernommen, da die Abweichung zu den DC-bezogenen Transferdifferenzen sehr klein ist.

### 8.2 Resümee bzgl. des Messverfahrens

Das Messobjekt entsprach nicht dem üblichen DUT.

Der In-Tee-Konverter war ein Thermokonverter mit integrierten T-Stück. Daraus resultierte ein anderer Messaufbau.

Die von der PTB bezüglich der Besonderheiten des DUT angebotene Rückfragemöglichkeit wurde nicht in Anspruch genommen. Deswegen wurden aufgrund einiger Fehlmessungen. Wiederholungsmessungen erforderlich, welche den Zeitplan des Ringvergleiches verzögerten.

### 8.3 Resümee zum Ablauf des Vergleiches

Die im technischen Protokoll angegebenen Meldungen (Ankunft und Absendung des Normals) wurden nicht diszipliniert genug durchgeführt.

Die Firma COMPRION stellte einen Defekt des Verbinders fest (Lockerung des Innenleiters). Daraufhin wurde das Messobjekt in der PTB rückgemessen (PTB 2). Es zeigten sich jedoch keine Änderungen. Erst anschließend wurde der Verbinder repariert und eine weitere Kontrollmessung (PTB 2a) durchgeführt. Der Vergleich wurde danach mit dem zweiten Umlauf weitergeführt.

## 9 Schlussbemerkung

Der vorliegende Ringvergleich für die Messgröße HF-Spannung bis 1 GHz hat insgesamt **gute Ergebnisse** gezeigt. Für die Messgröße „HF-Spannungstransferdifferenz“ blieben alle Teilnehmer bei allen Frequenzen (mit einer Ausnahme) unter  $|E_n(\delta_{DC})| \leq 1,0$ . Es ist damit bestätigt worden, dass die von den Teilnehmern **angegebenen Messunsicherheiten bis 1 GHz realistisch sind**.

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] EA-2/03 (EAL-P7: March 1996) EAL Interlaboratory Comparisons, Appendix H
- [2] DIN EN ISO/IEC 17043:2010 Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2010), Anhang B



Herausgeber:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Deutscher Kalibrierdienst  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

[www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)