

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



Vergleichsbericht Nationaler Ringvergleich DKD-V 02.02 HF-Leistung im N- Koaxialleitersystem bis 18 GHz Oktober 2013 - April 2014

Ausgabe 02/2015

<https://doi.org/10.7795/550.20260805>



	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	1

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: (05 31) 5 92-8021

Internet: www.dkd.eu

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	2

Zitiervorschlag für die Quellenangabe:

Vergleichsbericht DKD-V 02.02 Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – Oktober 2013 - April 2014, Ausgabe 02/2015, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/120.20260805

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.



Autor:

Jürgen Rühaak (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 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.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	3
1 Organisation	4
2 TransfERNormale und Messfrequenzen	4
3 Teilnehmer	4
4 Messgrößen	5
4.1 Der absolute Kalibrierungsfaktor.....	5
4.2 Der Betrag des Reflexionsfaktors und die Phase.....	5
4.3 Die Pin-Tiefe des Konnektors	5
4.4 Dokumentation der Messergebnisse	6
5 Ablauf der Messung	7
5.1 Kalibrierzeiten.....	7
5.2 Umlauf des Normals	8
6 Methoden der Kalibrierung	8
6.1 Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig	8
6.2 Kalibrierzentrum Bayern, Eggenstein	9
6.3 Testo industrial services, Kirchzarten	9
6.4 Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Mecklenburg	10
6.5 Cassidian, Ulm	10
6.6 Rohde & Schwarz, Memmingen	10
6.7 Teseq, Berlin	11
6.8 esz AG, Eichenau.....	11
6.9 Siemens, Erlangen	11
6.10 Rohde & Schwarz, Köln.....	12
6.11 Cassidian, Manching	12
6.12 Systems Engineering, Stolberg	12
7 Stabilität des Messobjektes	13
7.1 Stabilität des Kalibrierungsfaktors.....	13
7.2 Stabilität des Reflexionsfaktors.....	15

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	2

8	Ergebnisse der Kalibrierlaboratorien	18
9	Die Messergebnisse der einzelnen Kalibrierlaboratorien	21
9.1	Kalibrierzentrum Bayern, Eggenstein	21
9.2	Testo industrial services, Kirchzarten	22
9.3	Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Mecklenburg	23
9.4	Cassidian, Ulm	24
9.5	Rohde & Schwarz, Memmingen	25
9.6	Teseq, Berlin	26
9.7	esz AG, Eichenau	27
9.8	Siemens AG, Erlangen	28
9.9	Rohde & Schwarz, Köln	29
9.10	Cassidian, Manching	30
9.11	Systems Engineering, Stolberg	31
10	Diagramme der Messergebnisse	32
10.1	Kalibrierungsfaktor	32
10.2	Betrag des Reflexionsfaktors	36
10.3	Phase des Reflexionsfaktors	40
10.4	Die Pin-Tiefe	44
11	Auswertung des Ringvergleiches	46
11.1	Resümee	46
11.2	Schlussbemerkung	46
12	Das Normal	47
13	Technisches Protokoll	48
13.1	Allgemeines	48
13.2	Die Messungen	49
13.3	Auswertung des Ringvergleiches	50
13.4	Kosten	51
13.5	Teilnehmer und Umlaufplan	51
13.6	Adressenliste und Ansprechpartner	52

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	3

Vorwort

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

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.

Der vorliegende DKD-Vergleichsbericht wurde vom Vorstand des DKD im Februar 2015 genehmigt.

Autor: Jürgen Rühaak, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100,
38116 Braunschweig

Zusammenfassung

Es wurde ein nationaler Ringvergleich in der Messgröße "HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz" zwischen Oktober 2013 und April 2014 durchgeführt.

Ziel dieses nationalen Ringvergleiches war es, den akkreditierten DAkkS-Kalibrierlaboratorien die Möglichkeit zur Teilnahme an Vergleichen zwischen Laboratorien (nach DIN EN ISO/IEC 17025 Punkt 5.9.1) zu geben

Bei diesem Vergleich sollten der Kalibrierungsfaktor und der Reflexionsfaktor eines Leistungsmesskopfes bei sieben Frequenzen zwischen 50 MHz und 18 GHz bestimmt werden. Zusätzlich sollte die Pin-Tiefe des N-Konnektors vermessen werden. Das Ergebnis zeigte für alle Teilnehmer im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit den Referenzwerten.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	4

1 Organisation

Der Nationale Ringvergleich "HF-Leistung im N-Koaxialsystem bis 18 GHz" wurde auf der 38. Sitzung des Fachausschusses "Hochfrequenz und Optik" des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD) am 16. Mai 2013 beschlossen. Die Organisation lag in den Händen der Arbeitsgruppe 2.22 "Hochfrequenzmesstechnik" der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB). Hier wurden auch die Referenzmessungen des Vergleiches vorgenommen.

Bei der 39. Fachausschusssitzung "Hochfrequenz und Optik" am 8. Mai 2014 wurden erste Ergebnisse, jedoch ohne Zahlenwerte, vorgestellt. Gleichzeitig haben die anwesenden Teilnehmer des Ringvergleiches sich damit einverstanden erklärt, dass im Draft-A-Report die Ergebnisse mit den Namen der Teilnehmer verknüpft werden. Die Zustimmung der nicht anwesenden Teilnehmer wurde anschließend eingeholt.

2 TransfERNormale und Messfrequenzen

Als Messobjekt des nationalen Ringvergleiches wurde ein Rohde & Schwarz NRP-Z51 Messkopf mit der Seriennummer 104095 eingesetzt (siehe Abbildung 11.2.1 auf Seite 47). Zusätzlich wurde ein USB-Adapter (NRP-Z4) mit Software zum Auslesen der Leistung des Messobjektes mit verschickt.

Der Messkopf für diesen Vergleich sowie der USB-Adapter, die Handbücher und die Software wurden freundlicherweise von der Firma Rohde & Schwarz Messgerätebau GmbH, Memmingen, leihweise zur Verfügung gestellt, wofür wir uns, auch im Namen der beteiligten Kalibrierlaboratorien und des Deutschen Kalibrierdienstes, recht herzlich bedanken.

3 Teilnehmer

Für den Vergleich wurden die Mitglieder des DKD-Fachausschusses "Hochfrequenz und Optik" angeschrieben. Insgesamt waren für die Messgröße "HF-Leistung" zu diesem Zeitpunkt (31. Mai 2013) sieben DAkkS-Kalibrierlaboratorien akkreditiert:

- Cassidian, Ulm
- esz AG, Eichenau
- Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Mechnich
- Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Köln
- Rohde & Schwarz Messgerätebau GmbH, Memmingen
- Teseq GmbH, Berlin
- Testo industrial services GmbH, Kirchzarten

Darüber hinaus nahmen folgende Kalibrierlaboratorien freiwillig an der Vergleichsmessung teil:

- Cassidian, Manching
- Kalibrierzentrum Bayern, Egming
- Siemens AG, Erlangen
- Systems Engineering Kalibrierlaboratorium GmbH & Co. KG, Stolberg

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	5

4 Messgrößen

Für die Frequenzen 50 MHz, 500 MHz, 1 GHz, 5 GHz, 10 GHz, 15 GHz und 18 GHz sollten folgende Messgrößen bestimmt werden:

- der absolute Kalibrierungsfaktor K
- der Betrag $| \Gamma |$ und die Phase φ des Eingangsreflexionsfaktors. Weiterhin sollte
- die Pin-Tiefe, d.h. der Abstand zwischen Referenzebene und der Schulter des Innenleiters, gemessen werden.

4.1 Der absolute Kalibrierungsfaktor

Bei den sieben Messfrequenzen war der absolute Kalibrierungsfaktor K nach folgender Definition zu bestimmen:

$$K = \frac{P_{\text{Anzeige}}}{P_{\text{Eingestrahlt}}}$$

P_{Anzeige} : Angezeigte Leistung
 $P_{\text{Eingestrahlt}}$: Eingestrahlte Leistung

4.2 Der Betrag des Reflexionsfaktors und die Phase

Bei den sieben Messfrequenzen waren der Betrag des Eingangsreflexionsfaktors $| \Gamma |$ sowie die Phase φ zu bestimmen.

4.3 Die Pin-Tiefe des Konnektors

Zur Kontrolle der mechanischen Stabilität des Messkopfes während des Umlaufs war auch die Pin-Tiefe zwischen der Referenzebene des Außenleiters und der Schulter des Innenleiters zu bestimmen.

Die Pin-Tiefe kann mit zwei unterschiedlichen Werten angegeben werden (siehe Abbildung 4.3.1).

- Einerseits als Abstand zwischen der Referenzebene und der Schulter des Innenleiters. Sie beträgt dann als Beispiel 5268 μm .
- Andererseits kann sie auch als Abstand zwischen dem Normabstand (5257,8 μm) und der Schulter des Innenleiters angegeben werden. Sie beträgt dann für das oben genannte Beispiel -10,2 μm .

Die Pin-Tiefe für N-Präzisionsstecker (LPC) darf zwischen 0 μm und -76,2 μm (5257,8 μm und 5334 μm) betragen.

Die Pin-Tiefe ist negativ, wenn der Abstand der Schulter des Innenleiters größer als die Referenzebene (5,2578 mm) liegt. Sie darf nicht positiv werden, da sie sonst den Gegenkonnektor beschädigen könnte.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	6

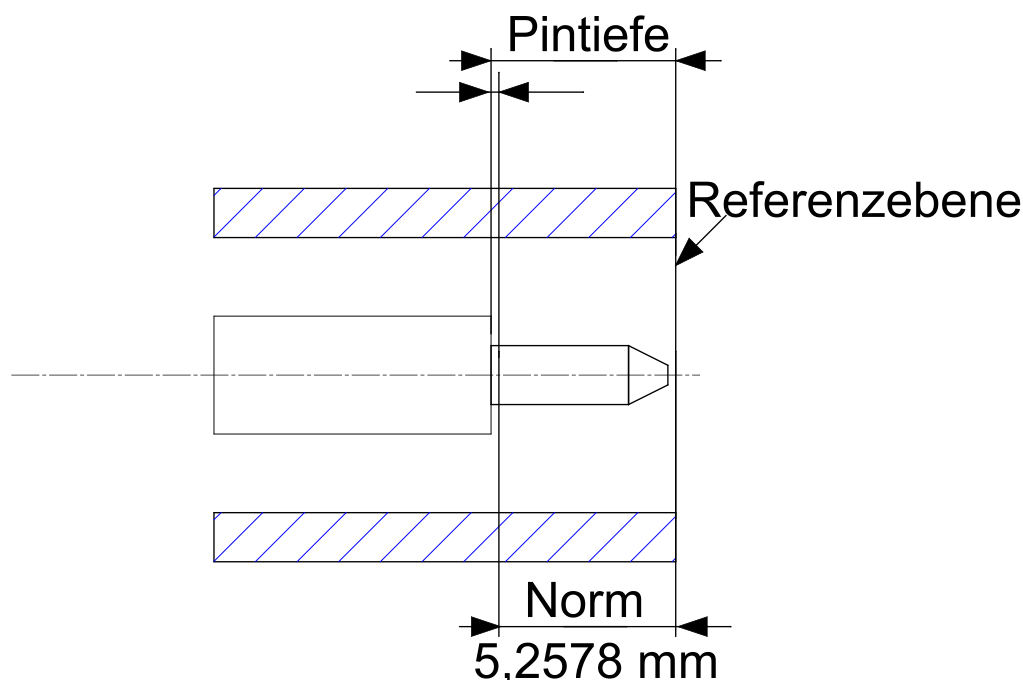


Abbildung 4.3.1: Darstellung der Referenzebene und der Pin-Tiefe eines N-Male-Koaxialkonnektors.

4.4 Dokumentation der Messergebnisse

Um Fehler bei der Übertragung der Messergebnisse zu minimieren, wurden die Messergebnisse in einem Ergebnisbericht angeben, welcher auch elektronisch übertragen werden konnte.

Folgende Angaben waren dazu notwendig:

- Absoluter Kalibrierungsfaktor,
- Anzahl der Messungen und die
- Messleistung,
- kurze Erläuterung des Messverfahrens,
- Rückführung des Normals (auf PTB, anderes Staatsinstitut oder anderes Kalibrierlaboratorium),
- Betrag und Phase des Reflexionsfaktors,
- kurze Erläuterung des Messverfahrens der Reflexionsmessung und der verwendeten Normale (Autocal, SOL...),
- Pin-Tiefe,
- kurze Erläuterung des Messverfahrens und der Normale, die bei der Bestimmung der Pin-Tiefe benutzt wurden,
- Temperatur und relative Feuchte während der Messung,
- Kalibrierdatum,
- Datum und Unterschrift.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	7

5 Ablauf der Messung

Die Kalibrierzeiten der einzelnen Kalibrierlaboratorien kann der Tabelle 5.1.1 entnommen werden. Für die Dauer der Kalibrierung wurde je Kalibrierlaboratorium eine Woche veranschlagt. Hinzu kam ein Zeitraum von einer Woche für den Versand zum nächsten Teilnehmer.

Abbildung 5.2.1 zeigt das Umlaufschema des Vergleiches.

5.1 Kalibrierzeiten

		KW	Start (Mo)	Ende (Fr)
PTB	Vormessung	40	30.09.2013	11.10.2013
Kalibrierzentrum Bayern	Egmating	42	14.10.2013	25.10.2013
Testo industrial services	Kirchzarten	44	28.10.2013	08.11.2013
Kalibrierzentrum der Bundeswehr	Mechnich	46	11.11.2013	22.11.2013
Cassidian	Ulm	48	25.11.2013	06.12.2013
Rohde & Schwarz	Memmingen	50	09.12.2013	20.12.2013
PTB	Zwischenmessung	2	06.01.2014	17.01.2014
Teseq GmbH	Berlin	4	20.01.2014	31.01.2014
esz AG	Eichenau	6	03.02.2014	14.02.2014
Siemens	Erlangen	8	17.02.2014	28.02.2014
Rohde & Schwarz	Köln	10	03.03.2014	14.03.2014
Cassidian	Manching	12	17.03.2014	28.03.2014
Systems Engineering	Stolberg	14	31.03.2014	11.04.2014
PTB	Rückmessung	16	14.04.2014	25.04.2014

Tabelle 5.1.1: Kalibrierzeiträume der Teilnehmer.

5.2 Umlauf des Normalis

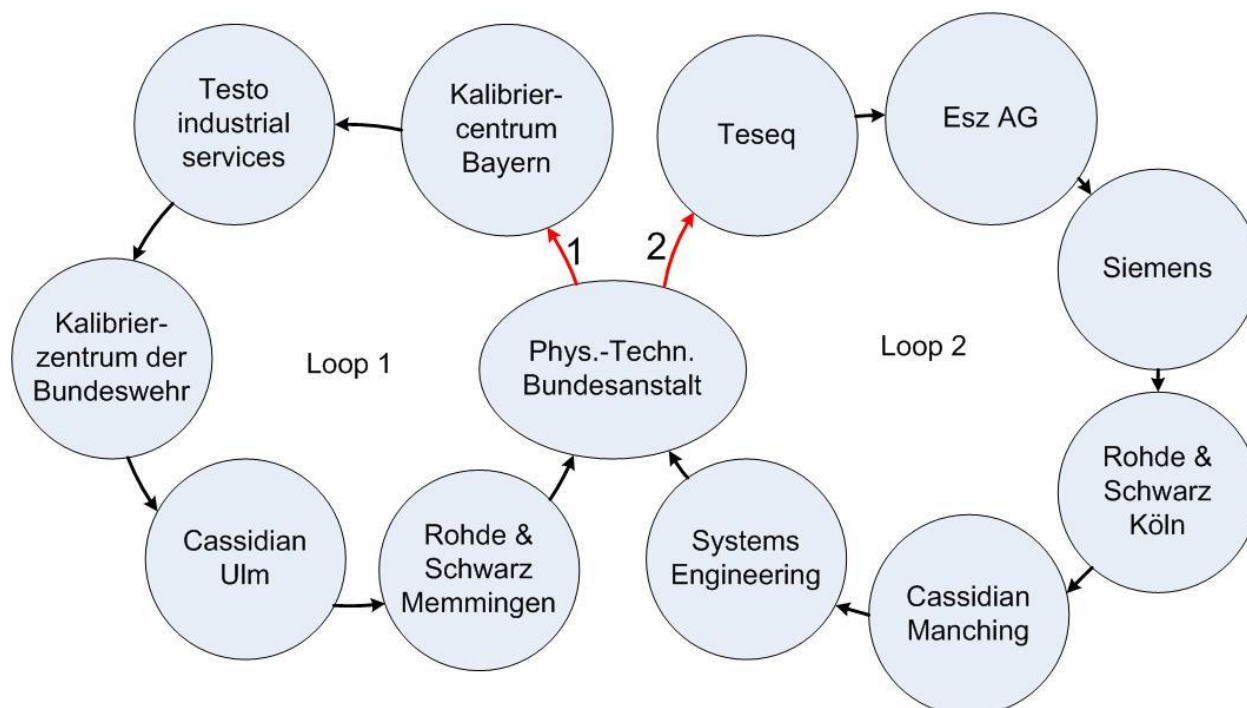


Abbildung 5.2.1: Umlaufschema des Normalis.

6 Methoden der Kalibrierung

6.1 Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Die Arbeitsgruppe 2.22 der PTB Braunschweig, hat zum Start des Vergleiches den NRP-Z51-Messkopf am 2. Oktober 2013 erstmalig kalibriert (PTB-Vormessung). Am 16. Januar 2014 wurde er zum zweiten Mal (PTB-Zwischenmessung) und am 29. April 2014 zum Abschluss, ein drittes Mal (PTB-Endmessung) kalibriert. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Das Messobjekt wurde im Außenvergleich (direct comparison method) mit einem NRVC-Powersplitter und ein oder zwei Normalen kalibriert. Die Normale wurden im Mikrokalorimeter der PTB rückgeführt.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Netzwerkanalysator R&S ZVA nach Betrag und Phase bestimmt. Als Kalibriermethode wurde eine SOL-Kalibrierung genutzt. Dabei wurde für Frequenzen unterhalb 2 GHz mit einer Breitbandlast und oberhalb 2 GHz mit einer Gleitlast kalibriert. Die Verifizierung der Kalibrierung erfolgte mit einer bekannten Last.

Die Pin-Tiefe wurde mit einer Messuhr aus dem N-Kalibrierkit bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen lagen zu den Zeitpunkten der Kalibrierungen jeweils in den Intervallen $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \% \text{ rel. Feuchte}$.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – Oktober 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	9

6.2 Kalibrierzentrum Bayern, Egming

Das Kalibrierzentrum Bayern in Egming war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung nicht akkreditiert. Die Kalibrierung fand am 21. Oktober 2013 statt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit Hilfe eines resistiven Leistungsteilers bestimmt. Der Referenzkopf war ein NRV-Z51-Leistungsmesskopf. Am Messtor wurde ein NRS (PTB kalibriert) sowie ein HP 8478 B-Thermistor-Messkopf (PTB kalibriert) als Normal benutzt. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem HP 8510C-Netzwerkanalysator nach Betrag und Phase bestimmt. Als Kalibriermethode wurde eine SOL Kalibrierung benutzt. Die Rückführung der Reflexionsnormale erfolgt über die dimensionellen Größen von Luftleitungen (100 mm und 300 mm), die selbst (DAkkS-akkreditiert) zurückgeführt sind. Open und Short wurden vom Hersteller (Rosenberger) kalibriert.

Die Kalibrierung der Pin-Tiefe erfolgte über einen kalibrierten Feinzeiger der Firma Rosenberger. Die Nullposition des Feinzeigers wurde durch das Einstellnormal festgelegt. Das Einstellnormal wurde selbst kalibriert.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \%$ rel. Feuchte.

6.3 Testo industrial services, Kirchzarten

Die Firma Testo industrial services in Kirchzarten war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 5. November 2013 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit Hilfe eines Tegam F1130B Transferrnormals bestimmt. Die Rückführung des Bezugsnormals erfolgte über das Metas, Schweiz. Die Kalibrierleistung betrug etwa 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Agilent N5230C Netzwerkanalysator und einem Agilent 85054D Kalibrierkit bestimmt. Eine Verifizierung der Kalibrierung erfolgte mit einem Maury Mismatch. Eine Phase wurde mit angegeben. Die Unsicherheit der Phase wurde nicht mit angegeben, da die Akkreditierung nur für den Betrag des Reflexionsfaktors $\geq 0,2$ gilt. Somit wurde die Unsicherheit der Phase nachträglich in der PTB berechnet.

Die Pin-Tiefe wurde mit einer Maury Messuhr bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(40 \pm 10) \%$ rel. Feuchte.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	10

6.4 *Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Mechnich*

Das Kalibrierzentrum der Bundeswehr in Mechnich war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung nicht akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 15. November 2013 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit dem HF-Leistungsmessplatz "System II" der Firma Lucas Weinschel durchgeführt. Die Rückführung erfolgte über zwei Thermistor-Messköpfe (478A und 8478B). Sie wurden in der PTB kalibriert.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Netzwerkanalysator der Firma Wiltron, Typ 360, bestimmt. Dazu wurde er mit einem Wiltron/Anritsu-Kalibrierkit kalibriert (rückgeführt auf NIST) und mit einem HP 909F-Abschluss verifiziert (PTB kalibriert).

Die Pin-Tiefe wurde mit einer Messuhr aus dem Wiltron-Kalibrierkit bestimmt. Der Reference Gauge wurde in der PTB kalibriert.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \% \text{ rel. Feuchte}$.

6.5 *Cassidian, Ulm*

Die Firma Cassidian in Ulm war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 26. November 2013 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit einem N-Powersplitter mit einem HP 8478B-Thermistor-Messkopf am Referenzarm durchgeführt. Als Normal wurde ein in der PTB kalibrierter Thermistor-Messkopf benutzt. Die Messleistung betrug zwischen 0,7 mW und 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem HP 8510C und einem HP 8753B-Netzwerkanalysator mit dem SOL-Verfahren durchgeführt. Dabei wurde eine Lowband-Abschluss bis 1 GHz und eine Gleitlast ab 5 GHz benutzt. Eine Verifizierung der Kalibrierung wurde mit einem Wiltron-Abschluss durchgeführt.

Die Bestimmung der Pin-Tiefe wurde mit einer Messuhr aus dem HP-Kalibrierkit bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \% \text{ rel. Feuchte}$.

6.6 *Rohde & Schwarz, Memmingen*

Die Firma Rohde & Schwarz Messgerätebau in Memmingen war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 17. Dezember 2013 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit einem Testsystem R&S MP733 bestimmt. Die Kalibrierung wurde rückgeführt auf die PTB mit einem NRV-Z51 und einem HP 8478B. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem R&S ZVA-40-Netzwerkanalysator bestimmt, der mit der SOL-Methode kalibriert wurde.

Die Kalibrierung der Pin-Tiefe erfolgte über eine Agilent Messuhr aus dem Kalibrierkit.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(40 \pm 20) \% \text{ rel. Feuchte}$.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	11

6.7 Teseq, Berlin

Die Firma Teseq in Berlin war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 22. Januar 2014 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit einem Powersplitter bestimmt, entsprechend dem Verfahren DKD-3-E1 (S.6) Ausgabe 10/1998. Das Normal war ein rückgeführter NRV-Z51-Messkopf, der in einem DAkkS akkreditierten Laboratorium rückgeführt wurde.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Rohde & Schwarz ZVK und einem PC3,5(f) auf N(f) Adapter kalibriert. Die OSM Kalibrierung erfolgte mit dem ZV-Z21-Kalibrierkit.

Die Pin-Tiefe wurde mit einer Messuhr und einem Adapter bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 20) \%$ rel. Feuchte.

6.8 esz AG, Eichenau

Die Firma esz AG in Eichenau war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 5. Februar 2014 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit einem Rohde & Schwarz NRVC bestimmt. Die Messleistung betrug 1 mW. Eine Verifizierung mit einem Kontrollnormal erfolgte vor der eigentlichen Kalibrierung.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Agilent 85054B/E8361A Netzwerkanalysator bestimmt. Die Kalibrierung erfolgte mit dem SOL-Verfahren im unteren Frequenzbereich mit einer Breitbandlast, im oberen Frequenzbereich mit einer Gleitlast. Eine Verifizierung erfolgte mit rückgeführten Bezugsnormalen.

Die Kalibrierung der Pin-Tiefe wurde mit einer Maury-Messuhr aus dem Agilent Kalibriersatz durchgeführt. Als Normal diente ein Längennormal, welches im Längennormallabor der esz AG angeschlossen ist.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(22,5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ und $(36 \pm 10) \%$ rel. Feuchte.

6.9 Siemens, Erlangen

Die Siemens AG in Erlangen war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung nicht akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 19. und 20. Februar 2014 durchgeführt.

Die Bestimmung des Kalibrierungsfaktors wurde mit einem Weinschel 1870A-Powersplitter und einem NRV-Z51-Messkopf als Referenzleistungsmesser durchgeführt. Als Normal wurde ein NRV-Z51-Messkopf, welcher auf die PTB zurückgeführt wurde, benutzt. Die Messleistung betrug zwischen 0,7 mW und 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem HP 8510B kalibriert, welcher mittels einer SOL-Kalibrierung aus einem HP 85054B-Kalibrierkit zurückgeführt wurde.

Die Pin-Tiefe wurde mittels einer Messuhr aus dem HP 85054B-Kalibrierkit bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ und $(45 \pm 15) \%$ rel. Feuchte.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	12

6.10 Rohde & Schwarz, Köln

Die Firma Rohde & Schwarz in Köln war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 5. März 2014 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit einer NRVC-Leistungsreferenz bestimmt. Als Normal wurde ein NRV-Z51, welcher auf Rohde & Schwarz Memmingen rückgeführt war, benutzt. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit Hilfe eines ZVA-Netzwerkanalysators bestimmt. Die Kalibrierung erfolgte mit einem OSM-Kalibrierkit vom Typ ZV-Z21.

Die Bestimmung der Pin-Tiefe erfolgte mit einer Maury-Messuhr aus dem Agilent 85054B Kalibrierkit.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 10) \% \text{ rel. Feuchte}$.

6.11 Cassidian, Manching

Die Firma Cassidian in Manching war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung nicht akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 28. März 2014 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde bei 50 MHz und 500 MHz mit einem Weinschel Powersplitter bestimmt. Bei den Frequenzen von 1 GHz bis 18 GHz wurde ein Tunersystem benutzt, welches auf einen Quellenreflexionsfaktor von $\leq -40 \text{ dB}$ abgestimmt wurde. Als Normale wurden einerseits ein HP 8478B-Thermistor-Messkopf benutzt (PTB rückgeführt), welcher an zwei Tech-Type-II-Brücken betrieben wurde. Andererseits wurde ein NRV-Z51-Messkopf benutzt, welcher auf Rohde & Schwarz rückgeführt wurde. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Der Reflexionsfaktor wurde mit einem Agilent E8364C-Netzwerkanalysator bestimmt. Es wurde ein Agilent 85054B-Kalibrierkit zur SOL Kalibrierung verwendet.

Die Pin-Tiefe wurde mit einer Rosenberger-Messuhr bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 15) \% \text{ rel. Feuchte}$.

6.12 Systems Engineering, Stolberg

Die Firma Systems Engineering in Stollberg war zum Zeitpunkt des Vergleiches für die Messgröße HF-Leistung nicht akkreditiert. Die Kalibrierung wurde am 11. April 2014 durchgeführt.

Der Kalibrierungsfaktor wurde mit Hilfe eines HP 11667A-Powersplitters durchgeführt. Als Normal diente ein auf die PTB zurückgeführter NRV-Z51-Leistungsmesser. Die Messleistung betrug etwa 1 mW.

Die Reflexion sowie die Pin-Tiefe wurden nicht bestimmt.

Die Umgebungsbedingungen betrugen zum Zeitpunkt der Kalibrierung $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ und $(41 \pm 10) \% \text{ rel. Feuchte}$.

7 Stabilität des Messobjektes

Während des Ringvergleiches wurde das Messobjekt insgesamt drei Mal von der PTB vermessen. Das erste Mal vor dem Ringvergleich am 28. Oktober 2013, das zweite Mal am 16. Januar 2014 nach dem ersten Umlauf und vor dem zweiten Umlauf, sowie ein drittes Mal am Ende des Vergleiches am 29. April 2014.

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Messungen angegeben und somit die Stabilität des Messobjektes dargestellt.

Weder der Kalibrierungsfaktor (Abschnitt 7.1) noch der Reflexionsfaktor (Abschnitt 7.2) des Messkopfes hat sich im Verlauf des Ringvergleichs wesentlich geändert.

7.1 Stabilität des Kalibrierungsfaktors

	Vormessung		Zwischenmessung		Endmessung		Mittelwerte	
Frequenz	K_1	$U(K_1)$	K_2	$U(K_2)$	K_3	$U(K_3)$	K_M	$U(K_M)$
50 MHz	0,9982	0,0034	0,9982	0,0034	0,9982	0,0034	0,9982	0,0034
500 MHz	0,9908	0,0034	0,9915	0,0034	0,9925	0,0034	0,9916	0,0035
1 GHz	0,9867	0,0034	0,9878	0,0033	0,9880	0,0033	0,9875	0,0034
5 GHz	0,9667	0,0034	0,9669	0,0041	0,9669	0,0040	0,9668	0,0034
10 GHz	0,9506	0,0040	0,9504	0,0050	0,9502	0,0050	0,9504	0,0040
15 GHz	0,9370	0,0050	0,9370	0,0070	0,9364	0,0070	0,9368	0,0050
18 GHz	0,9294	0,0070	0,9272	0,0070	0,9288	0,0070	0,9285	0,0071

Tabelle 7.1.1: Stabilität des Kalibrierungsfaktors K

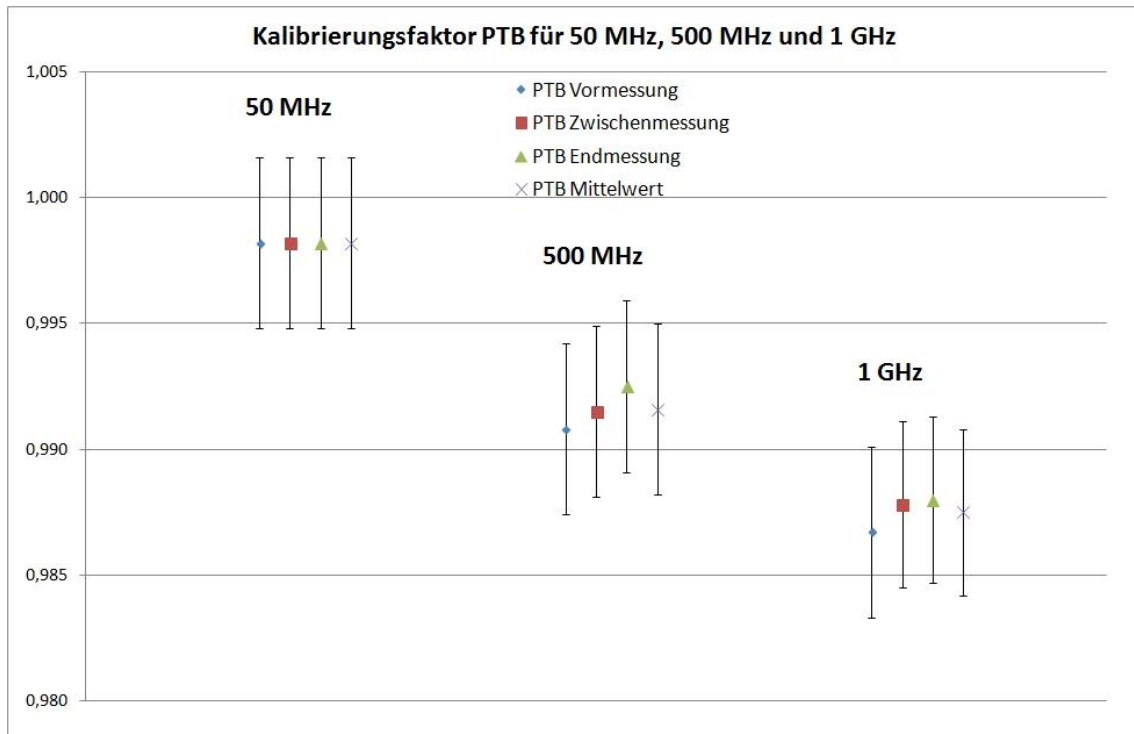


Abbildung 7.1.1: Stabilität des Kalibrierungsfaktors des Messobjektes zwischen 50 MHz und 1 GHz

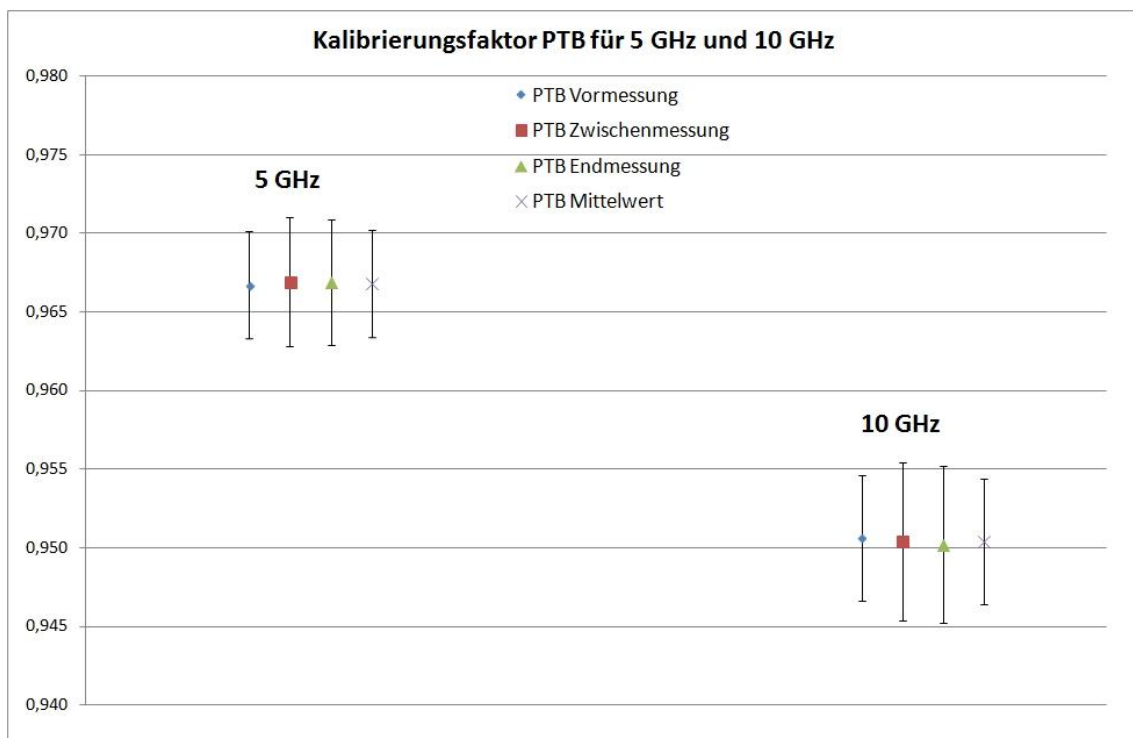


Abbildung 7.1.2: Stabilität des Kalibrierungsfaktors des Messobjektes bei 5 GHz und 10 GHz

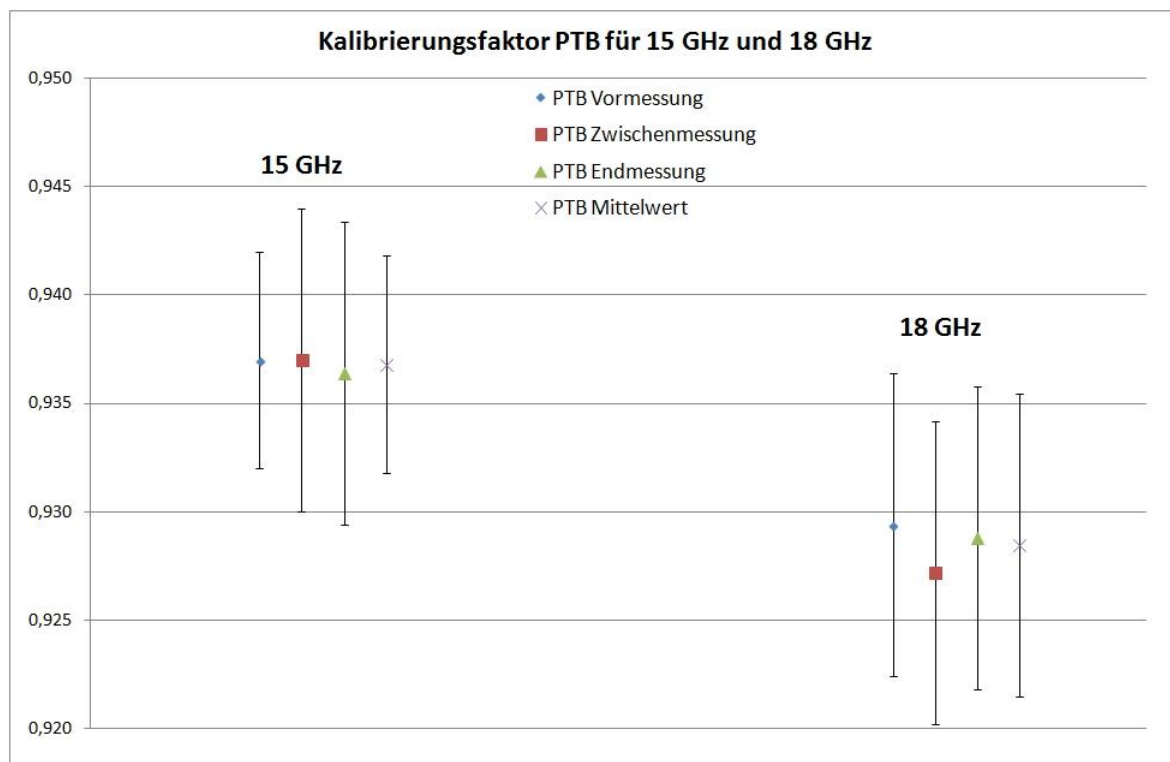


Abbildung 7.1.3: Stabilität des Kalibrierungsfaktors des Messobjektes bei 15 GHz und 18 GHz

7.2 Stabilität des Reflexionsfaktors

Frequenz	Vormessung		Zwischenmessung		Endmessung		Mittelwert	
	$ \Gamma_1 $	$U(\Gamma_1)$	$ \Gamma_2 $	$U(\Gamma_2)$	$ \Gamma_3 $	$U(\Gamma_3)$	$ \Gamma_M $	$U(\Gamma_M)$
50 MHz	0,0016	0,0060	0,0015	0,0060	0,0015	0,0060	0,0015	0,0060
500 MHz	0,0055	0,0061	0,0056	0,0061	0,0056	0,0061	0,0056	0,0061
1 GHz	0,0099	0,0061	0,0099	0,0061	0,0099	0,0061	0,0099	0,0061
5 GHz	0,0287	0,0065	0,0288	0,0065	0,0287	0,0065	0,0287	0,0065
10 GHz	0,0326	0,0070	0,0327	0,0070	0,0328	0,0070	0,0327	0,0070
15 GHz	0,0450	0,0075	0,0444	0,0075	0,0443	0,0075	0,0446	0,0075
18 GHz	0,0380	0,0078	0,0379	0,0078	0,0383	0,0078	0,0381	0,0078

Tabelle 7.2.1: Stabilität des Betrages des Reflexionsfaktors $|\Gamma|$

	Vormessung		Zwischenmessung		Endmessung		Mittelwert	
Frequenz	φ_1	$U(\varphi_1)$	φ_2	$U(\varphi_2)$	φ_3	$U(\varphi_3)$	φ_M	$U(\varphi_M)$
50 MHz	-11,3°	180°	-10,1°	180°	-13,4°	180°	-11,6°	180°
500 MHz	31,3°	180°	31,4°	180°	32,5°	180°	31,7°	180°
1 GHz	-12,8°	37,2°	-12,5°	38,2°	-12,1°	37,8°	-12,5°	37,2°
5 GHz	-82,3°	12,1°	-82,4°	13°	-82,7°	13,1°	-82,5°	12,1°
10 GHz	19,8°	10,6°	19,2°	12,3°	18,9°	12,3°	19,3°	10,6°
15 GHz	95,5°	7,7°	95°	9,7°	95,3°	9,8°	95,3°	7,7°
18 GHz	68,6°	9,1°	69,1°	11,9°	68,9°	11,7°	68,9°	9,1°

Tabelle 7.2.2: Stabilität der Phase φ des Reflexionsfaktors

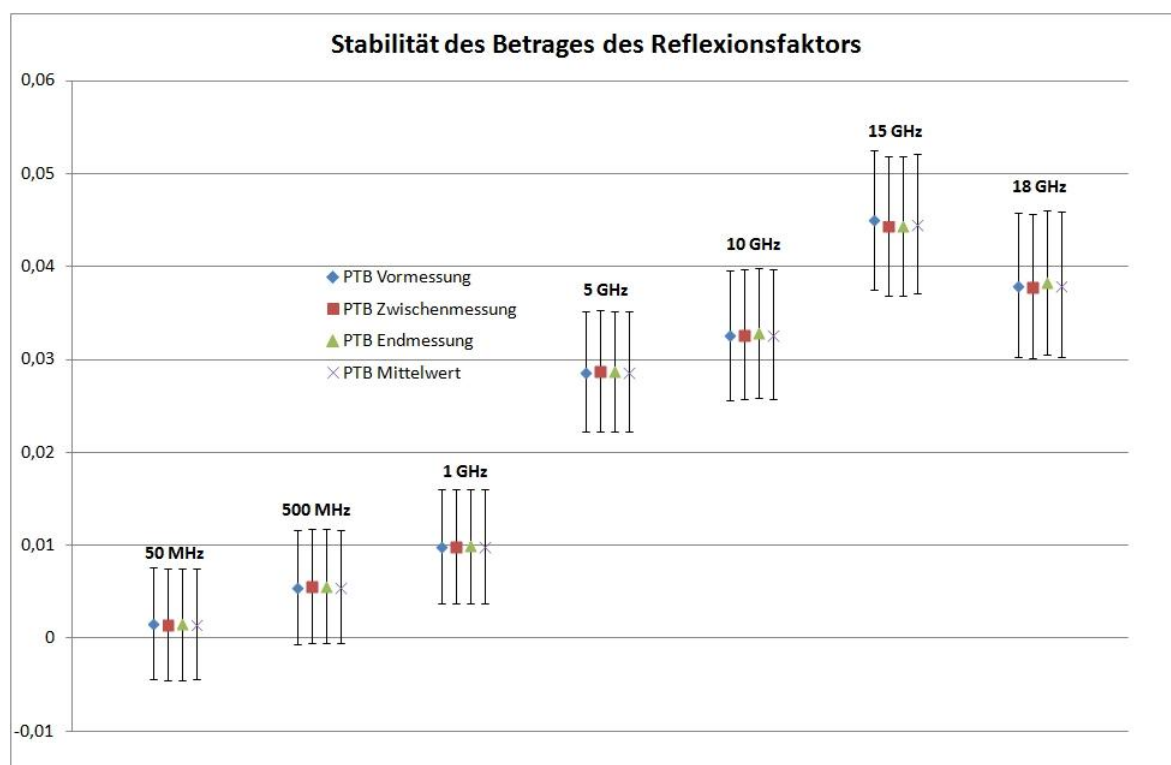


Abbildung 7.2.1: Stabilität des Betrages des Reflexionsfaktors

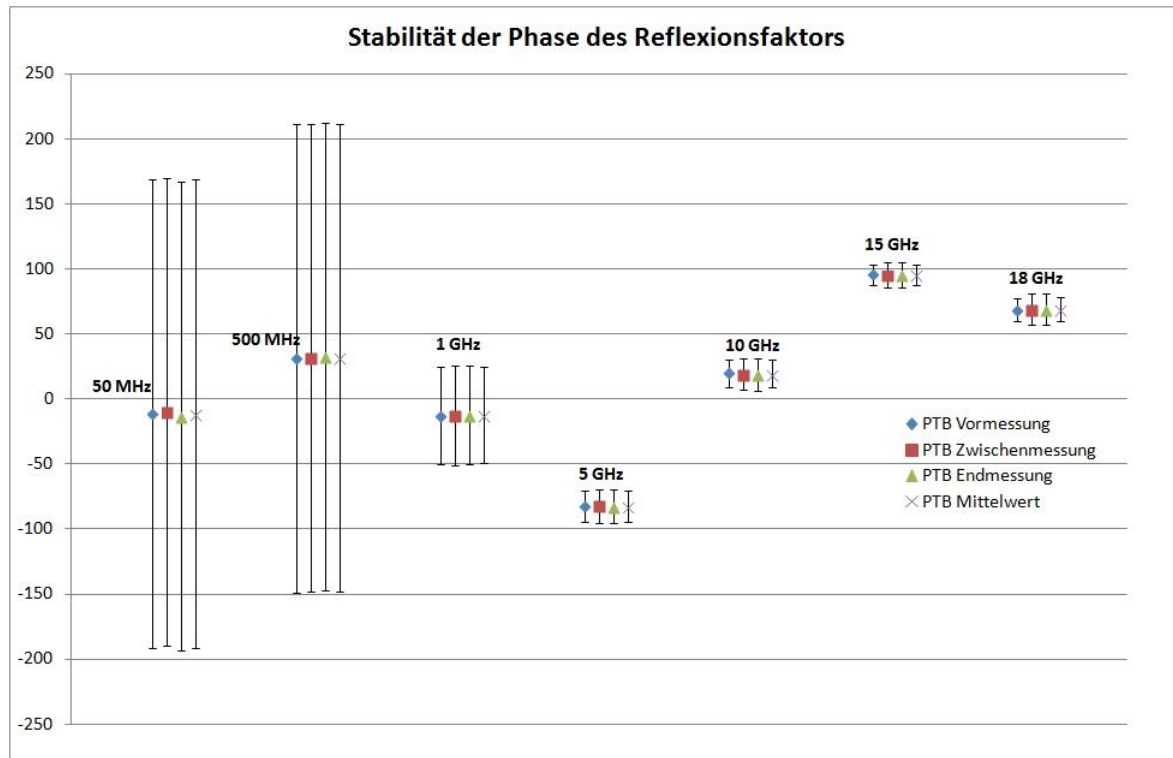


Abbildung 7.2.2: Stabilität der Phase des Reflexionsfaktors



Abbildung 7.2.3: Stabilität des Reflexionsfaktors in der komplexen Ebene

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	18

8 Ergebnisse der Kalibrierlaboratorien

Im diesem Abschnitt 8 sind die Messergebnisse für jedes Kalibrierlaboratorium tabellarisch zusammengefasst.

Wie bei Vergleichen üblich, wurde zur Auswertung der E_N -Wert bestimmt¹.

Der E_N -Wert ist ein in den Vergleichsmessungen der EA (European Cooperation for Accreditation), dem früheren EAL (European Co-operation for Accreditation of Laboratories), angegebener Gütefaktor.

Dieser Wert wird wie folgt berechnet:

$$E_N = \frac{K_{\text{Lab}} - K_{\text{Ref}}}{\sqrt{U(K_{\text{Lab}})^2 + U(K_{\text{Ref}})^2}} \quad (1)$$

Darin sind:

- K_{Lab} : Messwert des teilnehmenden Kalibrierlaboratoriums
- K_{Ref} : Referenzmesswert der PTB
- $U(K_{\text{Lab}})$: Erweiterte Messunsicherheit des Kalibrierungsfaktors des Kalibrierlaboratoriums
- $U(K_{\text{Ref}})$: Erweiterte Messunsicherheit des Referenzmesswertes der PTB

Die erweiterten Messunsicherheiten haben dabei den Erweiterungsfaktor $k = 2$.

Als Referenzmesswert der PTB wurde der arithmetische Mittelwert der drei Messungen der PTB bestimmt. Als erweiterte Messunsicherheit des Referenzmesswertes wurde aufgrund der Korrelationen der Messwerte die minimale Unsicherheit aus den drei Messunsicherheiten der PTB benutzt.

Werte $-1 \leq E_N \leq 1$ sind ein akzeptables, Werte $-0,5 \leq E_N \leq 0,5$ ein gutes Ergebnis. Ist der Absolutbetrag des Faktors größer, so müssen Korrektur- und Überwachungsmaßnahmen erfolgen.

Auf den folgenden Seiten ist eine Zusammenfassung der E_N -Werte der Messergebnisse des Vergleiches dargestellt.

¹ EAL-P7 bzw. EA-2/03, EA Interlaboratory Comparison, (1996)

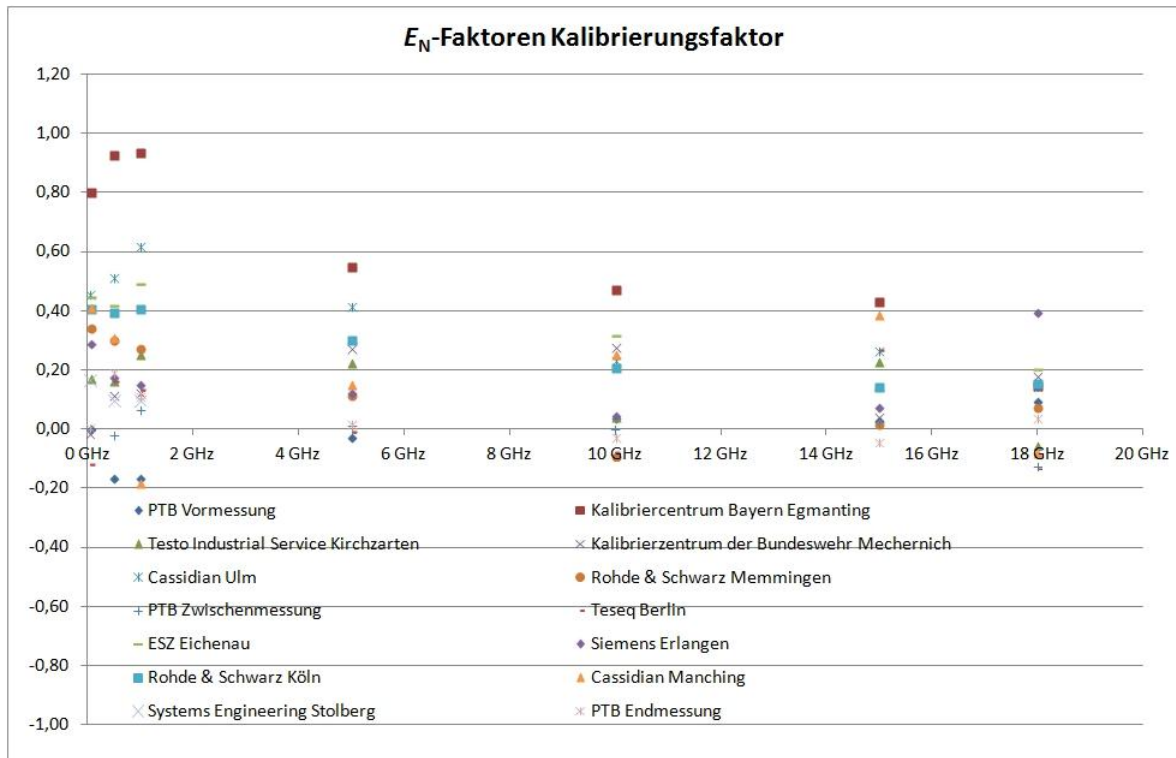


Abbildung 7.2.1: E_N -Faktoren des Kalibrierungsfaktors

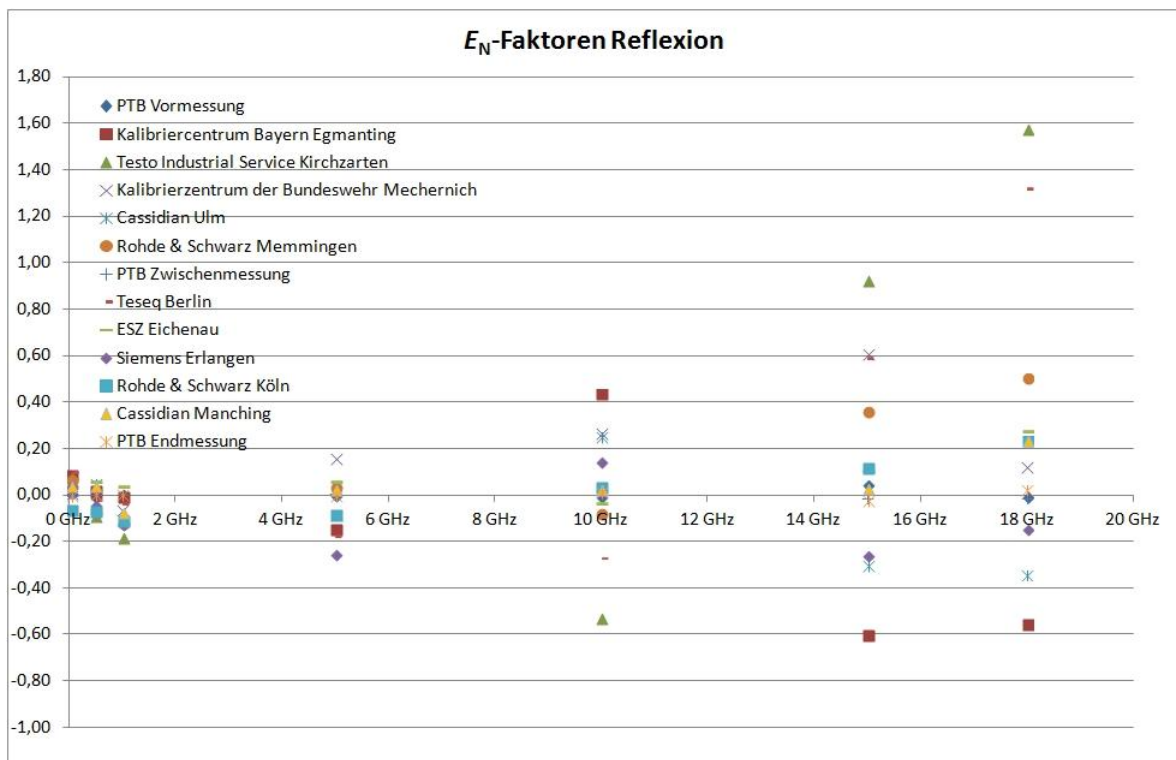


Abbildung 7.2.2: E_N -Faktoren des Betrages des Reflexionsfaktors

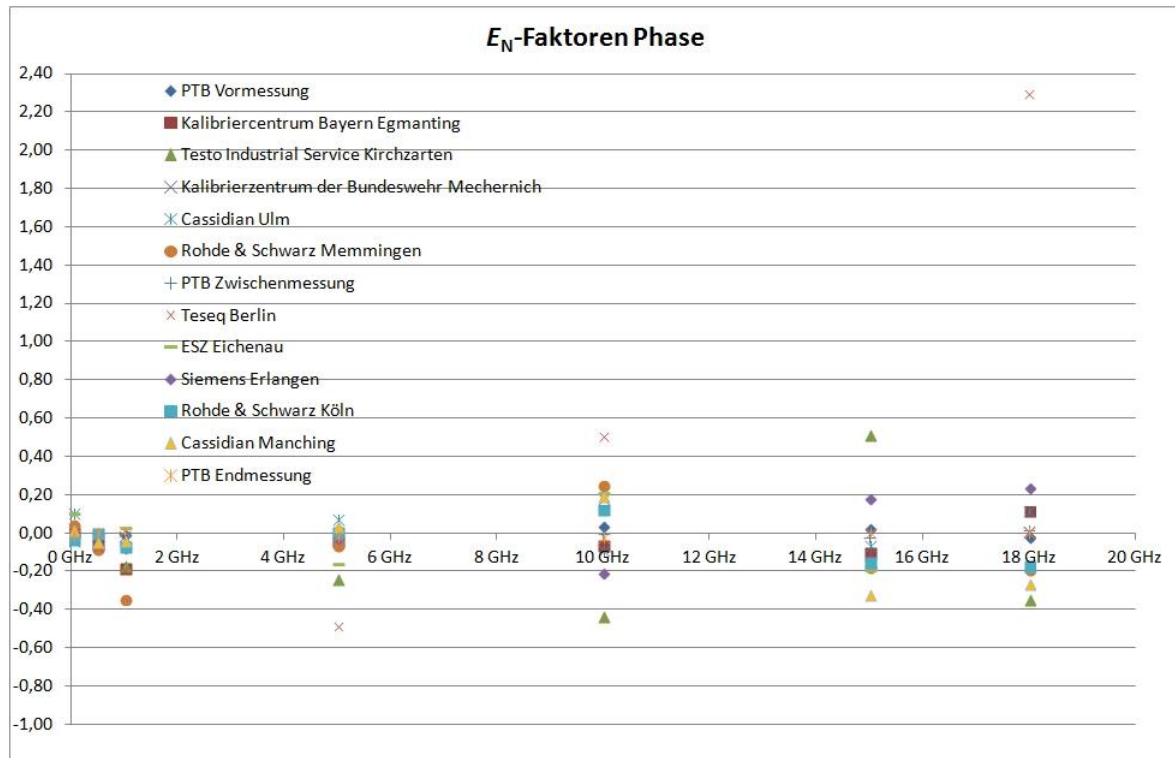


Abbildung 7.2.3: E_N -Faktoren der Reflexionsfaktorphase

9 Die Messergebnisse der einzelnen Kalibrierlaboratorien

9.1 Kalibrierzentrum Bayern, Egming

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren des Messobjektes zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,93 \geq E_N(K) \geq 0,14$$

$$0,43 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,61$$

$$0,11 \geq E_N(\varphi) \geq -0,19$$

Die Pin-Tiefe wurde mit 5294 µm angegeben, welches -36 µm entspricht. Die erweiterte Unsicherheit betrug 10 µm.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,0024	0,004	0,80
500 MHz	0,9972	0,005	0,93
1 GHz	0,9931	0,005	0,93
5 GHz	0,9726	0,010	0,55
10 GHz	0,9577	0,015	0,47
15 GHz	0,9456	0,020	0,43
18 GHz	0,9315	0,020	0,14

Tabelle 9.1.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors des Kalibrierzentrums Bayern, Egming

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,0025	0,01	0,08	-10,8°	10°	0,00
500 MHz	0,0058	0,01	0,02	20,6°	10°	-0,06
1 GHz	0,0098	0,01	-0,01	-19,7°	10°	-0,19
5 GHz	0,027	0,01	-0,15	-83,1°	10°	-0,04
10 GHz	0,038	0,01	0,43	18,3°	10°	-0,07
15 GHz	0,037	0,01	-0,61	94°	10°	-0,10
18 GHz	0,031	0,01	-0,56	70,4°	10°	0,11

Tabelle 9.1.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors des Kalibrierzentrums Bayern, Egming

9.2 Testo industrial services, Kirchzarten

Bei den Kalibrierungsfaktor und bei der Phase des Messobjektes zeigen sich gute Übereinstimmungen. Der Betrag des Reflexionsfaktors weicht bei 15 GHz etwas ab und der E_N -Wert bei 18 GHz beträgt 1,57.

$$0,25 \geq E_N(K) \geq -0,06$$

$$1,57 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,53$$

$$0,51 \geq E_N(\varphi) \geq -0,44$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-36,1 \mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $5 \mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1	0,01	0,17
500 MHz	0,9941	0,015	0,16
1 GHz	0,9914	0,015	0,25
5 GHz	0,9703	0,015	0,23
10 GHz	0,9512	0,02	0,04
15 GHz	0,9415	0,02	0,23
18 GHz	0,9273	0,02	-0,06

Tabelle 9.2.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Testo industrial services, Kirchzarten

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,0022	0,007	0,07	$-16,5^\circ$	$180,0^\circ^*$	-0,02
500 MHz	0,0047	0,007	-0,09	$19,3^\circ$	$180,0^\circ^*$	-0,05
1 GHz	0,0082	0,007	-0,18	$-24,6^\circ$	$58,6^\circ^*$	-0,17
5 GHz	0,029	0,01	0,02	$-88,2^\circ$	$20,2^\circ^*$	-0,24
10 GHz	0,0262	0,01	-0,53	$8,4^\circ$	$22,4^\circ^*$	-0,44
15 GHz	0,0561	0,01	0,92	$101,8^\circ$	$10,3^\circ^*$	0,51
18 GHz	0,058	0,01	1,57	$64,2^\circ$	$9,9^\circ^*$	-0,35

Tabelle 9.2.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors von Testo industrial services, Kirchzarten

* Die Erweiterte Unsicherheit der Phase wurde in der PTB berechnet, da sie im Ergebnisbericht nicht mit angegeben wurde. Die Akkreditierung umfasst für die Phase nur Werte, bei der der Betrag des Reflexionsfaktors $\leq 0,2$ ist.

9.3 Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Mechnich

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,27 \geq E_N(K) \geq -0,02$$

$$0,61 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,06$$

$$0,18 \geq E_N(\varphi) \geq -0,11$$

Die Pin-Tiefe wurde mit 5300,98 µm angegeben. Sie entspricht –42,98 µm. Die erweiterte Unsicherheit betrug 2,54 µm.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	0,998	0,012	-0,02
500 MHz	0,993	0,012	0,11
1 GHz	0,989	0,012	0,12
5 GHz	0,971	0,015	0,27
10 GHz	0,956	0,02	0,27
15 GHz	0,938	0,03	0,04
18 GHz	0,934	0,03	0,18

Tabelle 9.3.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors des Kalibrierzentrums der Bundeswehr, Mechnich

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,0016	0,01	0,01	-18,5°	37,4°	-0,04
500 MHz	0,0052	0,009	-0,03	29,1°	180°	-0,01
1 GHz	0,0092	0,009	-0,06	-13,7°	79,3°	-0,01
5 GHz	0,0306	0,01	0,16	-83,1°	19,1°	-0,03
10 GHz	0,0369	0,014	0,27	23,7°	22,3°	0,18
15 GHz	0,0542	0,014	0,61	93,4°	15°	-0,11
18 GHz	0,0405	0,018	0,12	69,2°	26,4°	0,01

Tabelle 9.3.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors des Kalibrierzentrums der Bundeswehr, Mechnich

9.4 Cassidian, Ulm

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,62 \geq E_N(K) \geq 0,15$$

$$0,25 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,34$$

$$0,12 \geq E_N(\varphi) \geq -0,08$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-38,1 \mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $10 \mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,003	0,010	0,45
500 MHz	0,997	0,010	0,51
1 GHz	0,994	0,010	0,62
5 GHz	0,972	0,012	0,41
10 GHz	0,954	0,015	0,23
15 GHz	0,941	0,015	0,27
18 GHz	0,931	0,016	0,15

Tabelle 9.4.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Cassidian, Ulm

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,002	0,006	0,05	15°	180°	0,10
500 MHz	0,006	0,006	0,05	25°	180°	-0,03
1 GHz	0,009	0,006	-0,11	-15°	80°	-0,03
5 GHz	0,028	0,006	-0,08	-80°	30°	0,08
10 GHz	0,035	0,006	0,25	17°	25°	-0,08
15 GHz	0,041	0,009	-0,30	94°	20°	-0,06
18 GHz	0,034	0,009	-0,34	72°	25°	0,12

Tabelle 9.4.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors von Cassidian, Ulm

9.5 Rohde & Schwarz, Memmingen

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,34 \geq E_N(K) \geq -0,09$$

$$0,50 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,12$$

$$0,25 \geq E_N(\varphi) \geq -0,19$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-37 \mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $4 \mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1	0,004	0,34
500 MHz	0,9932	0,0041	0,30
1 GHz	0,9895	0,0066	0,27
5 GHz	0,9678	0,0077	0,11
10 GHz	0,9495	0,0088	-0,09
15 GHz	0,937	0,012	0,02
18 GHz	0,9295	0,012	0,07

Tabelle 9.5.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Rohde & Schwarz, Memmingen

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,002	0,004	0,06	0°	180°	0,05
500 MHz	0,005	0,004	-0,08	$16,3^\circ$	59°	-0,08
1 GHz	0,009	0,004	-0,12	$-28,5^\circ$	28°	-0,34
5 GHz	0,029	0,004	0,03	$-83,4^\circ$	$7,9^\circ$	-0,06
10 GHz	0,032	0,005	-0,08	$22,5^\circ$	$7,3^\circ$	0,25
15 GHz	0,048	0,006	0,36	$93,7^\circ$	$4,7^\circ$	-0,17
18 GHz	0,043	0,006	0,50	$66,9^\circ$	$5,3^\circ$	-0,19

Tabelle 9.5.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors von Rohde & Schwarz, Memmingen

9.6 Teseq, Berlin

Bei den Kalibrierungsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen. Die E_N -Werte für den Betrag der Reflexion sowie für die Phase liegen bei 18 GHz über 1.

$$0,27 \geq E_N(K) \geq -0,13$$

$$1,32 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,27$$

$$2,30 \geq E_N(\varphi) \geq -0,48$$

Die Pin-Tiefe wurde mit 5730 μm angegeben. Das entspricht $-472 \mu\text{m}$. Die erweiterte Unsicherheit betrug 30 μm .

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	0,9969	0,0101	-0,12
500 MHz	0,9933	0,0101	0,16
1 GHz	0,9889	0,0101	0,13
5 GHz	0,9667	0,0123	-0,01
10 GHz	0,9492	0,0145	-0,08
15 GHz	0,9415	0,0169	0,27
18 GHz	0,9254	0,0217	-0,13

Tabelle 9.6.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors der Teseq, Berlin

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,002576	0,0079683	0,10	-11,09°	172,64°	0,00
500 MHz	0,005389	0,0079683	-0,02	17,22°	85,42°	-0,07
1 GHz	0,009597	0,0079683	-0,03	-24,11°	47,88°	-0,19
5 GHz	0,026956	0,0079684	-0,17	-92,57°	17°	-0,48
10 GHz	0,029858	0,0079685	-0,27	28,69°	15,28°	0,50
15 GHz	0,051052	0,0079687	0,59	93,97°	8,94°	-0,11
18 GHz	0,052827	0,0079687	1,32	98,12°	8,92°	2,30

Tabelle 9.6.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors der Teseq, Berlin

9.7 esz AG, Eichenau

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,49 \geq E_N(K) \geq 0,13$$

$$0,27 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,04$$

$$0,21 \geq E_N(\varphi) \geq -0,20$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-33 \mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $19 \mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,002	0,0078*	0,45
500 MHz	0,9957	0,0092*	0,42
1 GHz	0,9923	0,0092*	0,49
5 GHz	0,971	0,014*	0,29
10 GHz	0,955	0,014*	0,32
15 GHz	0,939	0,016*	0,13
18 GHz	0,932	0,016*	0,20

Tabelle 9.7.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors der esz AG, Eichenau

* Neu beantragte Messunsicherheiten

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,0018	0,005	0,03	14°	180°	0,10
500 MHz	0,006	0,005	0,05	29°	56°	-0,01
1 GHz	0,0102	0,005	0,04	-11°	30°	0,03
5 GHz	0,0292	0,005	0,06	-85°	10°	-0,16
10 GHz	0,0323	0,008	-0,04	23°	14°	0,21
15 GHz	0,046	0,012	0,10	92°	15°	-0,19
18 GHz	0,042	0,012	0,27	65°	17°	-0,20

Tabelle 9.7.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors der esz AG, Eichenau

9.8 Siemens AG, Erlangen

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,40 \geq E_N(K) \geq 0,04$$

$$0,14 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,26$$

$$0,24 \geq E_N(\varphi) \geq -0,20$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-35 \mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $10 \mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,0007	0,008	0,29
500 MHz	0,9931	0,008	0,17
1 GHz	0,9888	0,008	0,15
5 GHz	0,9679	0,008	0,12
10 GHz	0,9508	0,008	0,04
15 GHz	0,9376	0,01	0,07
18 GHz	0,9333	0,01	0,40

Tabelle 9.8.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors der Siemens AG, Erlangen

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,0019	0,008	0,04	-13°	180°	-0,01
500 MHz	0,0051	0,008	-0,05	$26,2^\circ$	180°	-0,02
1 GHz	0,0086	0,008	-0,13	$-18,6^\circ$	69°	-0,08
5 GHz	0,0261	0,008	-0,26	-83°	18°	-0,02
10 GHz	0,0344	0,01	0,14	$15,2^\circ$	17°	-0,20
15 GHz	0,0413	0,01	-0,26	$98,2^\circ$	14°	0,18
18 GHz	0,0362	0,01	-0,15	$73,2^\circ$	16°	0,24

Tabelle 9.8.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors der Siemens AG, Erlangen

9.9 Rohde & Schwarz, Köln

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,41 \geq E_N(K) \geq 0,14$$

$$0,23 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,11$$

$$0,12 \geq E_N(\varphi) \geq -0,17$$

Die Pin-Tiefe wurde mit $-45\text{ }\mu\text{m}$ angegeben. Die erweiterte Unsicherheit betrug $5\text{ }\mu\text{m}$.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,001	0,006	0,41
500 MHz	0,995	0,008	0,39
1 GHz	0,991	0,008	0,40
5 GHz	0,97	0,01	0,30
10 GHz	0,953	0,012	0,21
15 GHz	0,939	0,015	0,14
18 GHz	0,931	0,015	0,15

Tabelle 9.9.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Rohde & Schwarz, Köln

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,001	0,005	-0,07	$-20,3^\circ$	180°	-0,03
500 MHz	0,005	0,005	-0,07	$31,3^\circ$	83°	0,00
1 GHz	0,009	0,005	-0,11	$-16,1^\circ$	35°	-0,07
5 GHz	0,028	0,005	-0,09	$-82,4^\circ$	11°	0,00
10 GHz	0,033	0,007	0,03	$21,3^\circ$	13°	0,12
15 GHz	0,046	0,01	0,11	$92,8^\circ$	14°	-0,15
18 GHz	0,041	0,01	0,23	$65,8^\circ$	15°	-0,17

Tabelle 9.9.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors von Rohde & Schwarz, Köln

9.10 Cassidian, Manching

Bei den Kalibrierungs- und Reflexionsfaktoren zeigen sich gute Übereinstimmungen.

$$0,41 \geq E_N(K) \geq -0,18$$

$$0,23 \geq E_N(|\Gamma|) \geq -0,08$$

$$0,19 \geq E_N(\varphi) \geq -0,32$$

Die Pin-Tiefe wurde mit 5307 µm angegeben. Das entspricht –49 µm. Die erweiterte Unsicherheit betrug 10 µm.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	1,0007	0,005	0,41
500 MHz	0,9943	0,008	0,31
1 GHz	0,9864	0,005	-0,18
5 GHz	0,968	0,007	0,15
10 GHz	0,9529	0,009	0,25
15 GHz	0,9422	0,013	0,39
18 GHz	0,9272	0,014	-0,08

Tabelle 9.10.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Cassidian, Manching

Frequenz	$ \Gamma $	$U(\Gamma)$	$E_N(\Gamma)$	φ	$U(\varphi)$	$E_N(\varphi)$
50 MHz	0,002	0,01	0,04	-6,588°	180°	0,02
500 MHz	0,006	0,01	0,04	20,48°	180°	-0,04
1 GHz	0,009	0,01	-0,08	-19,375°	180°	-0,04
5 GHz	0,029	0,01	0,02	-81,832°	10°	0,04
10 GHz	0,033	0,01	0,02	22,092°	10°	0,19
15 GHz	0,045	0,015	0,03	91,194°	10°	-0,32
18 GHz	0,042	0,015	0,23	65,332°	10°	-0,26

Tabelle 9.10.2: Ergebnisse des Reflexionsfaktors von Cassidian, Manching

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	31

9.11 Systems Engineering, Stolberg

Die Firma Systems Engineering in Stolberg hat nur in einem Teilfrequenzbereich des Vergleiches teilgenommen. Bestimmt wurden nur die Kalibrierungsfaktoren zwischen 50 MHz und 1 GHz.

Bei den Kalibrierungsfaktoren zeigen sich in dem eingeschränkten Bereich gute Übereinstimmungen.

$$0,17 \geq E_N(K) \geq 0,09$$

Die Reflexionsfaktoren und die Pin-Tiefe wurden nicht gemessen.

Frequenz	K	$U(K)$	$E_N(K)$
50 MHz	0,9992	0,005	0,17
500 MHz	0,9931	0,015	0,10
1 GHz	0,9894	0,02	0,09

Tabelle 9.11.1: Ergebnisse des Kalibrierungsfaktors von Systems Engineering, Stolberg

10 Diagramme der Messergebnisse

10.1 Kalibrierungsfaktor

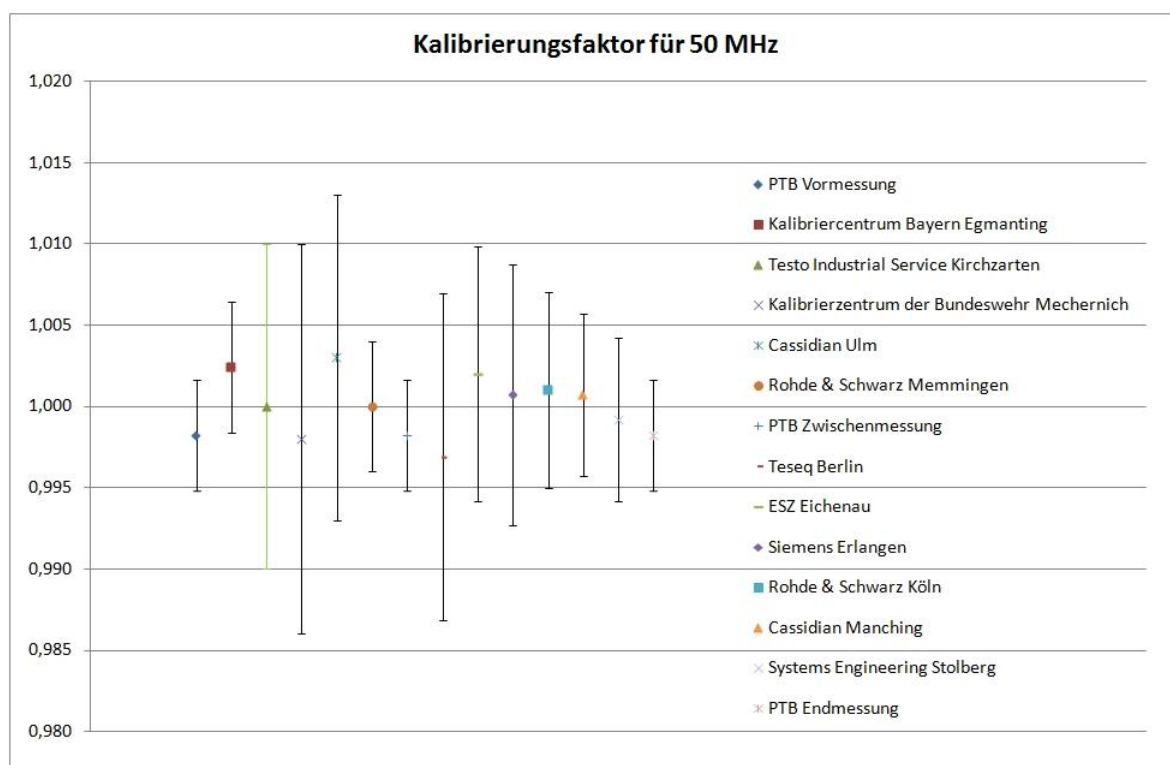


Abbildung 10.1.1: Kalibrierungsfaktoren bei 50 MHz

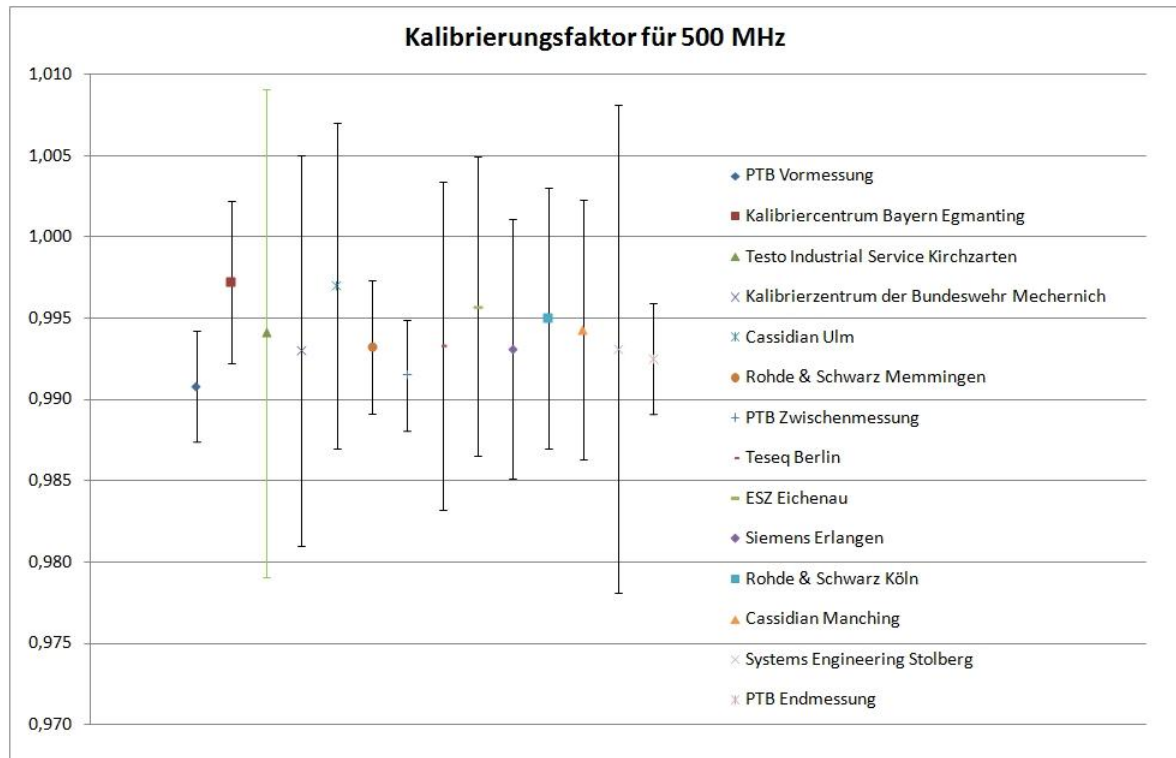


Abbildung 10.1.2: Kalibrierungsfaktoren bei 500 MHz

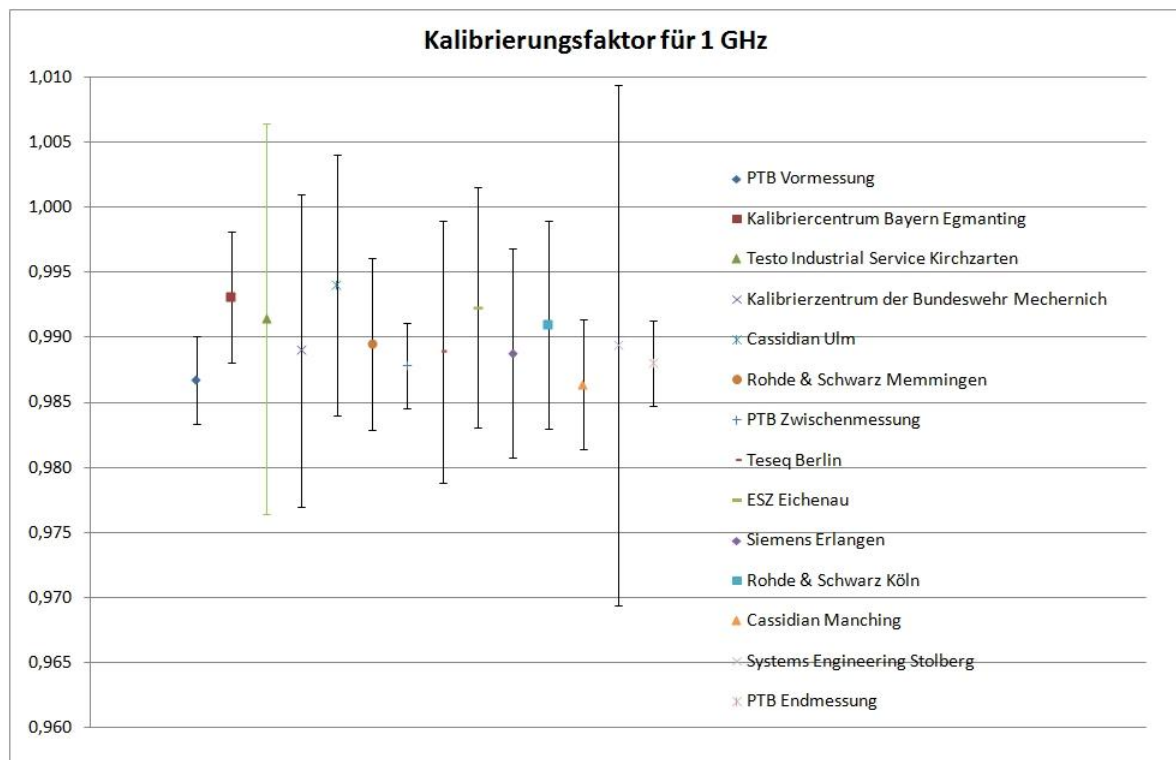


Abbildung 10.1.3: Kalibrierungsfaktoren bei 1 GHz

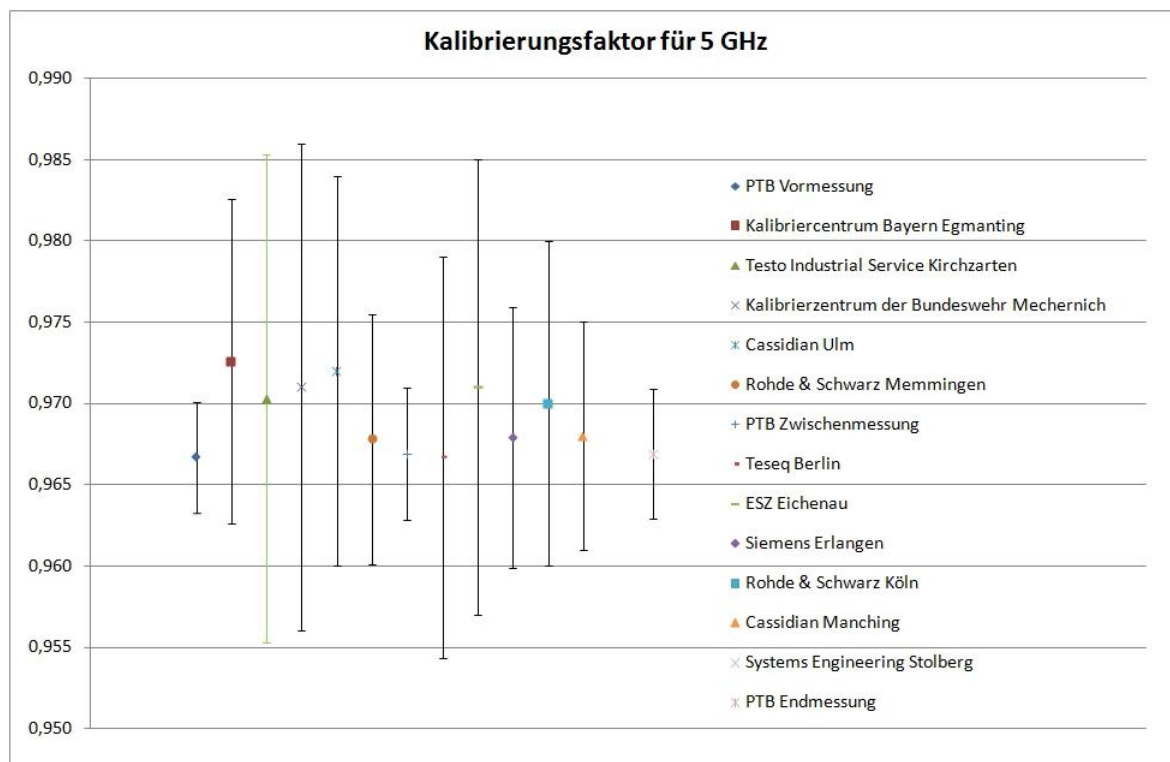


Abbildung 10.1.4: Kalibrierungsfaktoren bei 5 GHz

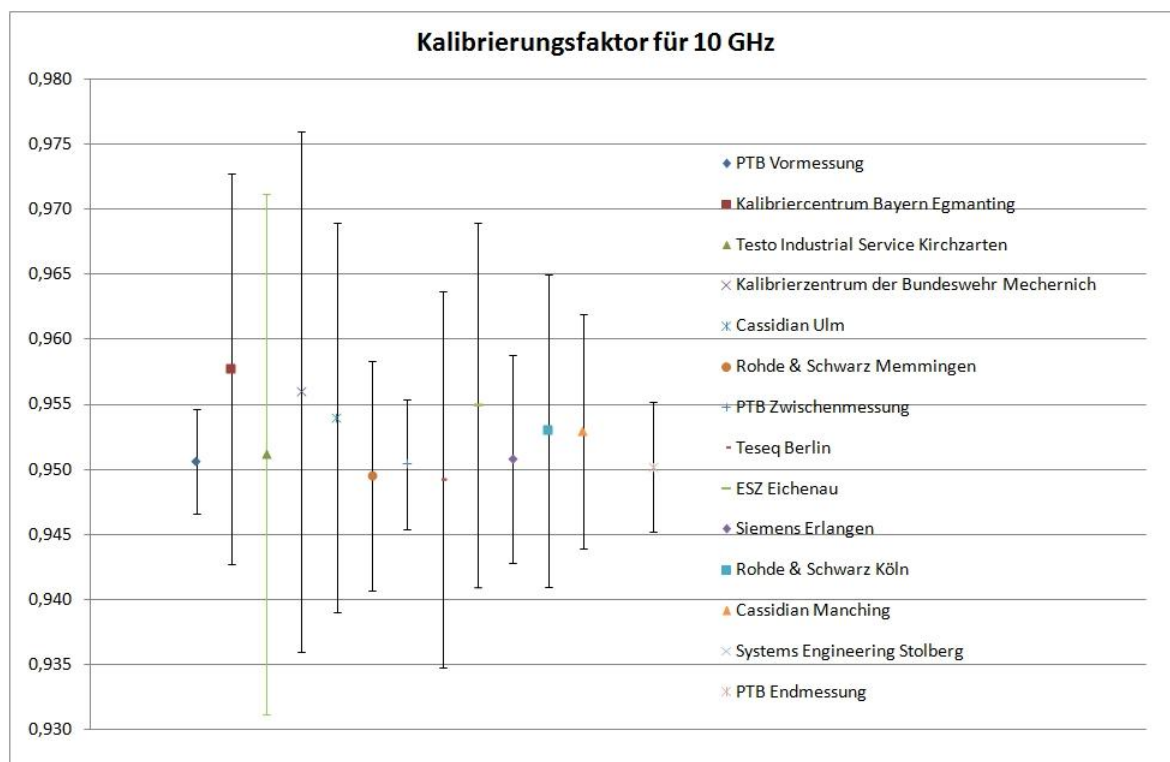


Abbildung 10.1.5: Kalibrierungsfaktoren bei 10 GHz

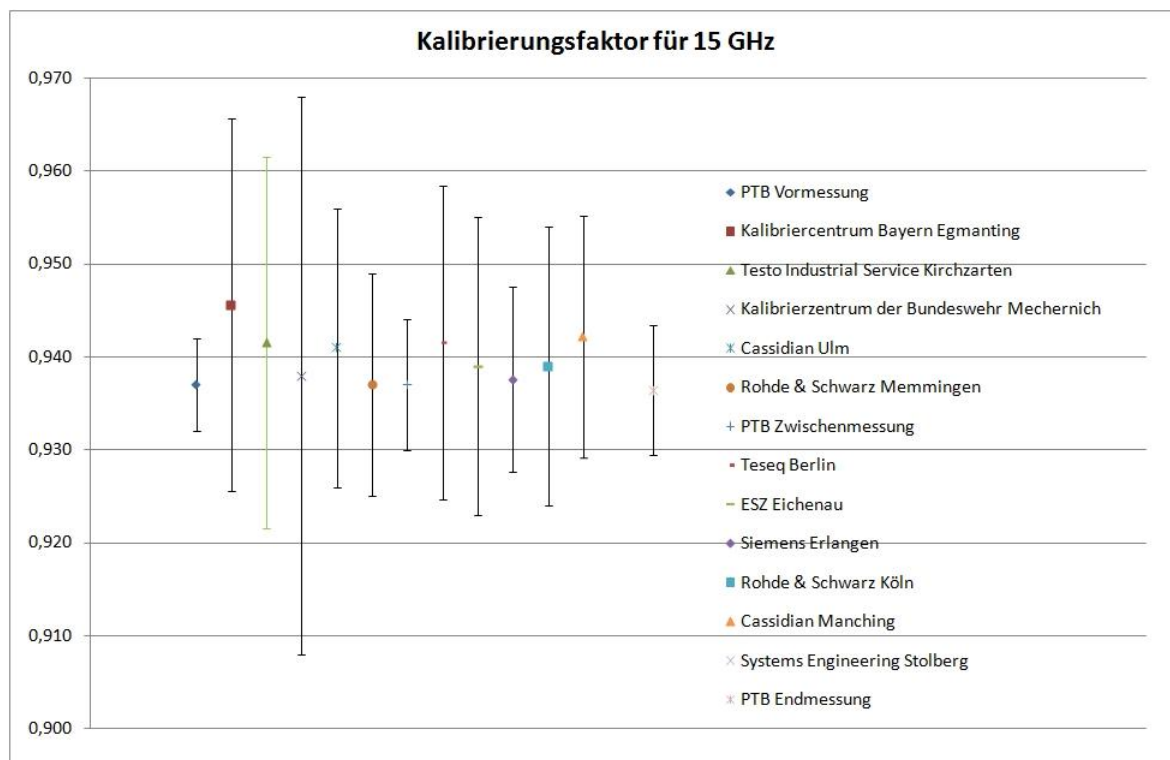


Abbildung 10.1.6: Kalibrierungsfaktoren bei 15 GHz

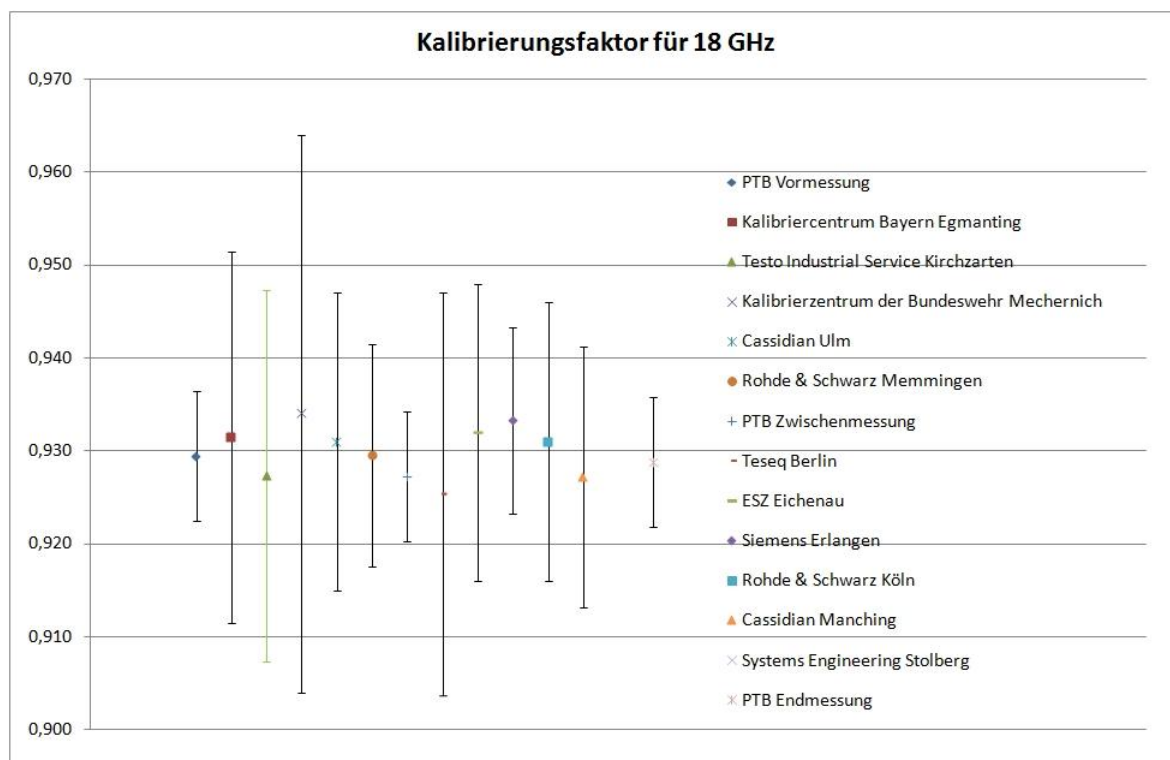


Abbildung 10.1.7: Kalibrierungsfaktoren bei 18 GHz

10.2 Betrag des Reflexionsfaktors

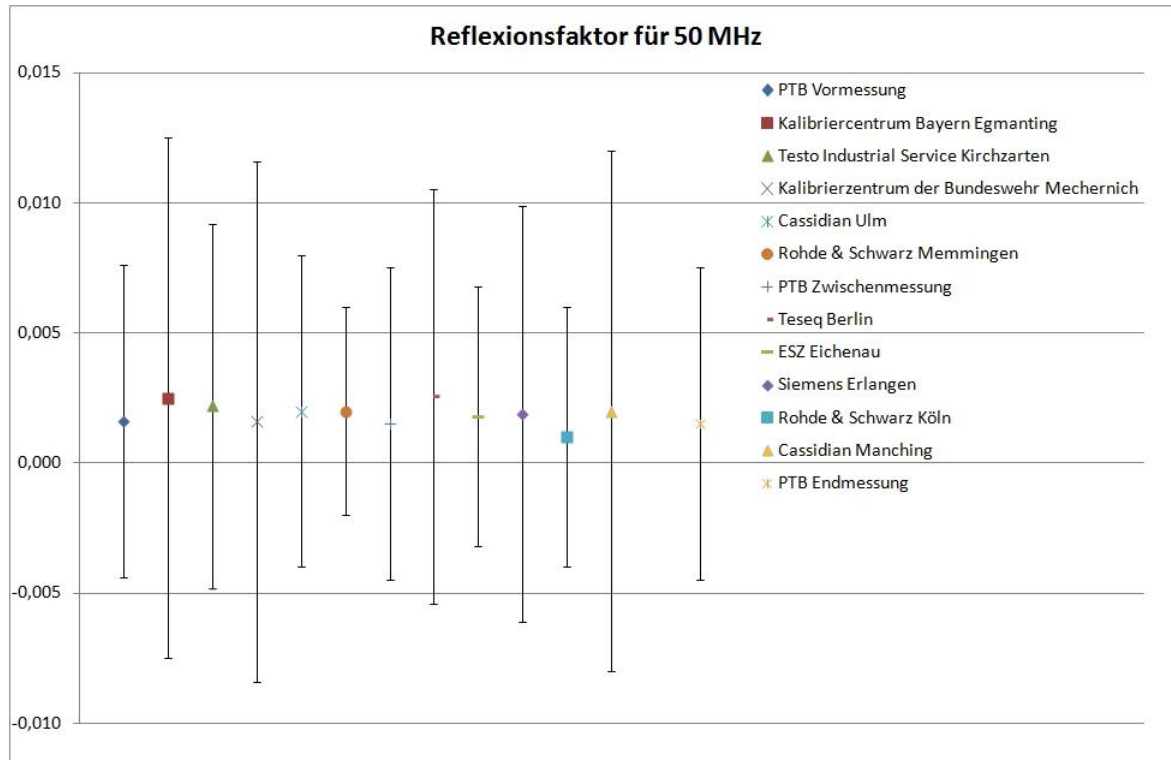


Abbildung 10.2.1: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 50 MHz

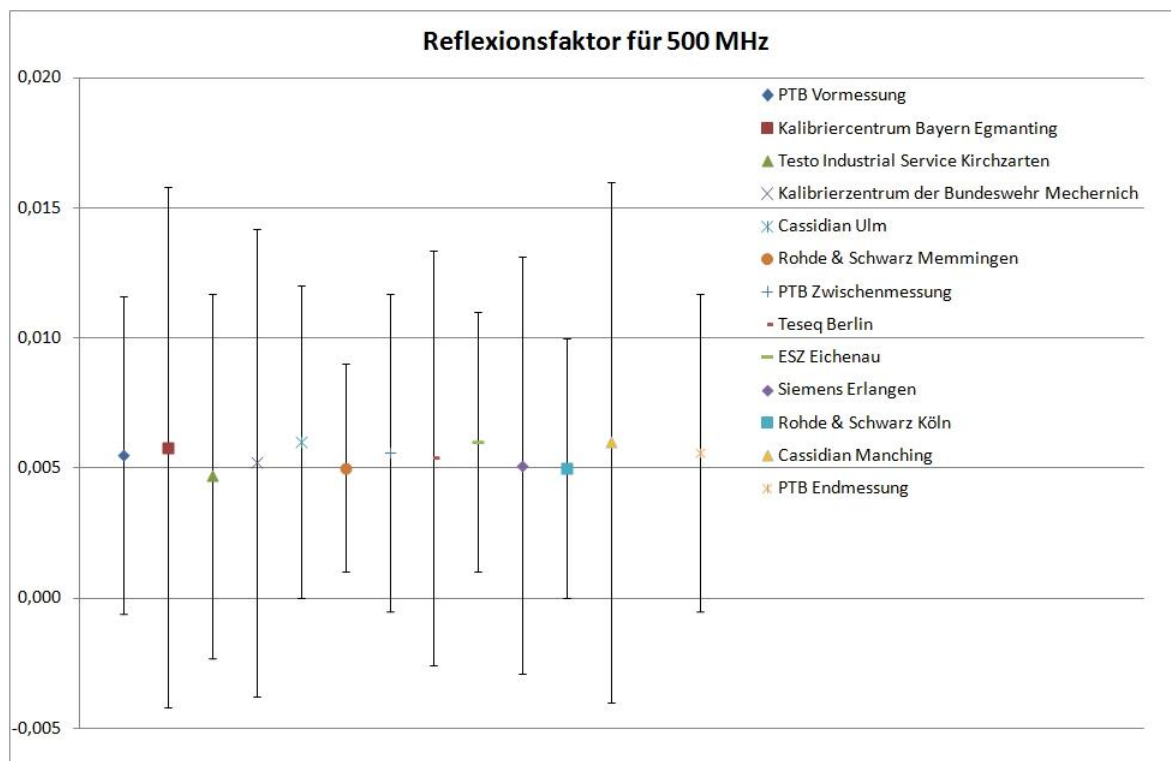


Abbildung 10.2.2: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 500 MHz

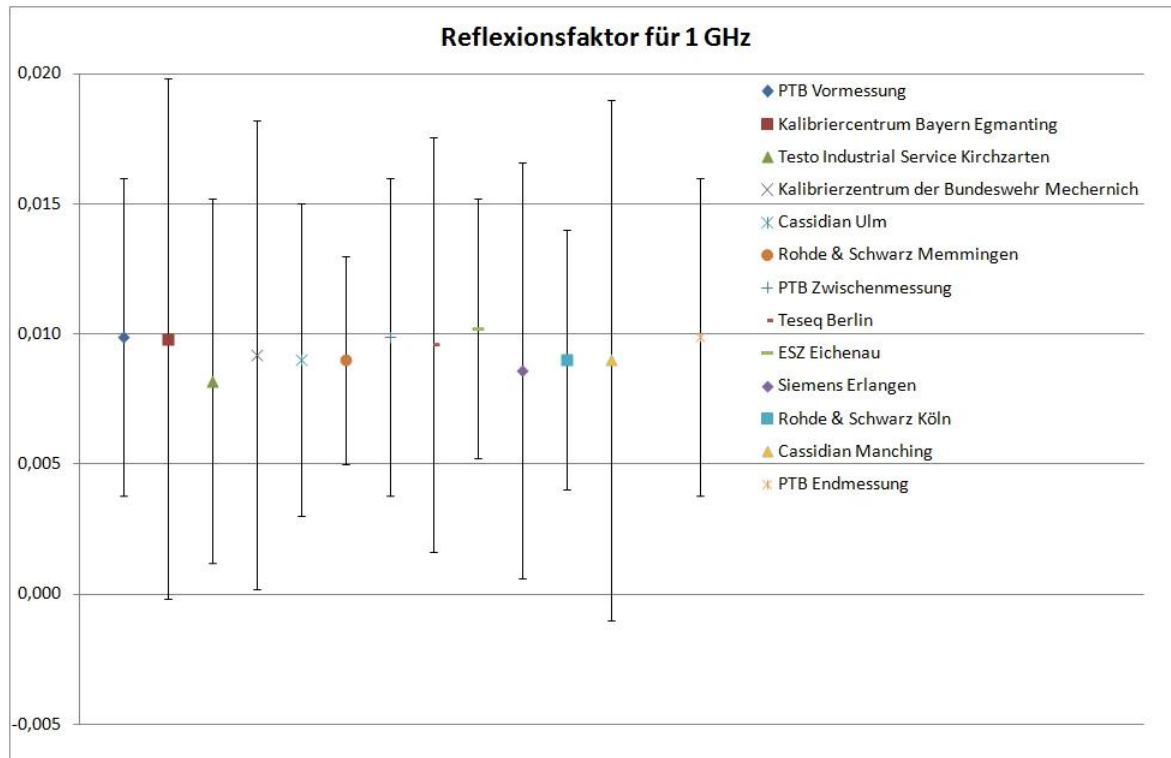


Abbildung 10.2.3: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 1 GHz

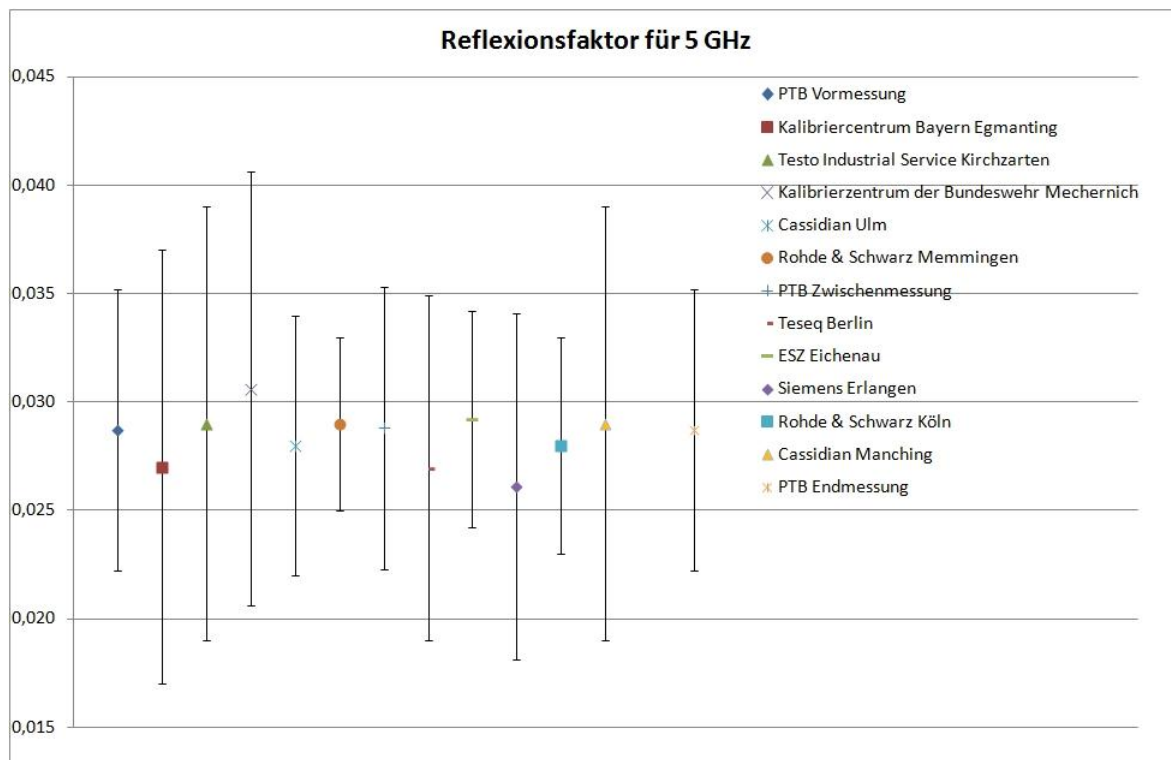


Abbildung 10.2.4: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 5 GHz

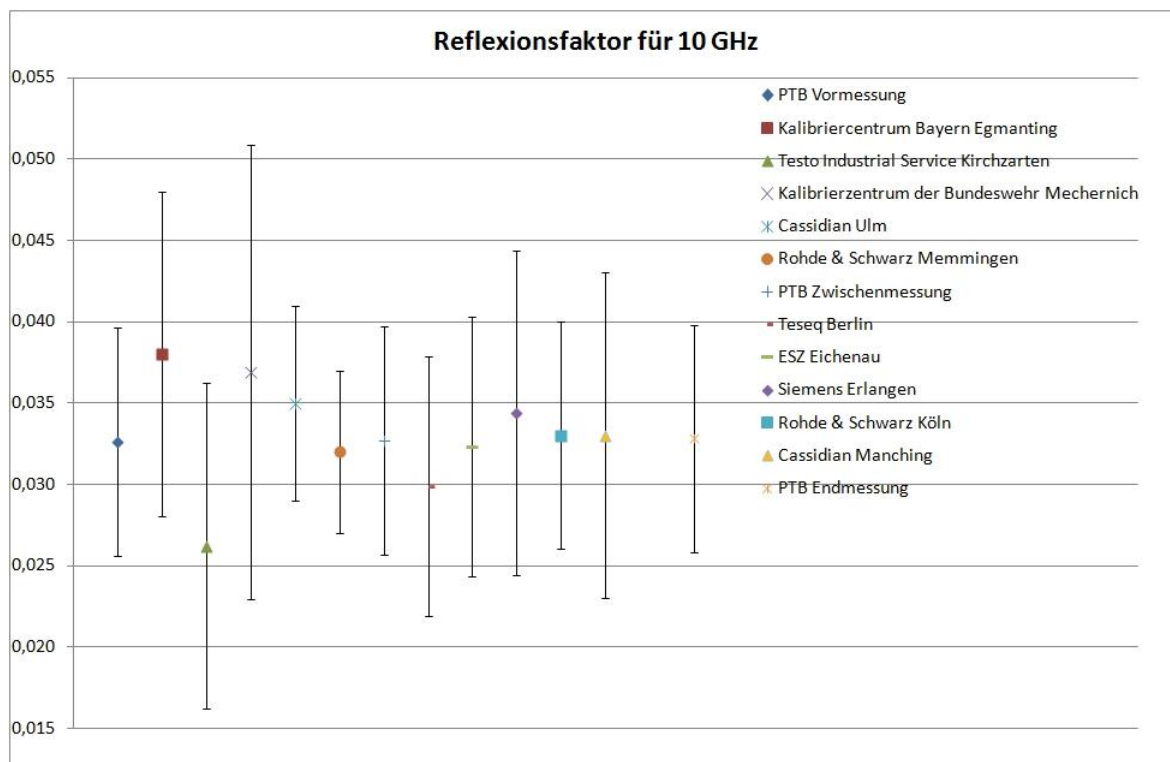


Abbildung 10.2.5: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 10 GHz

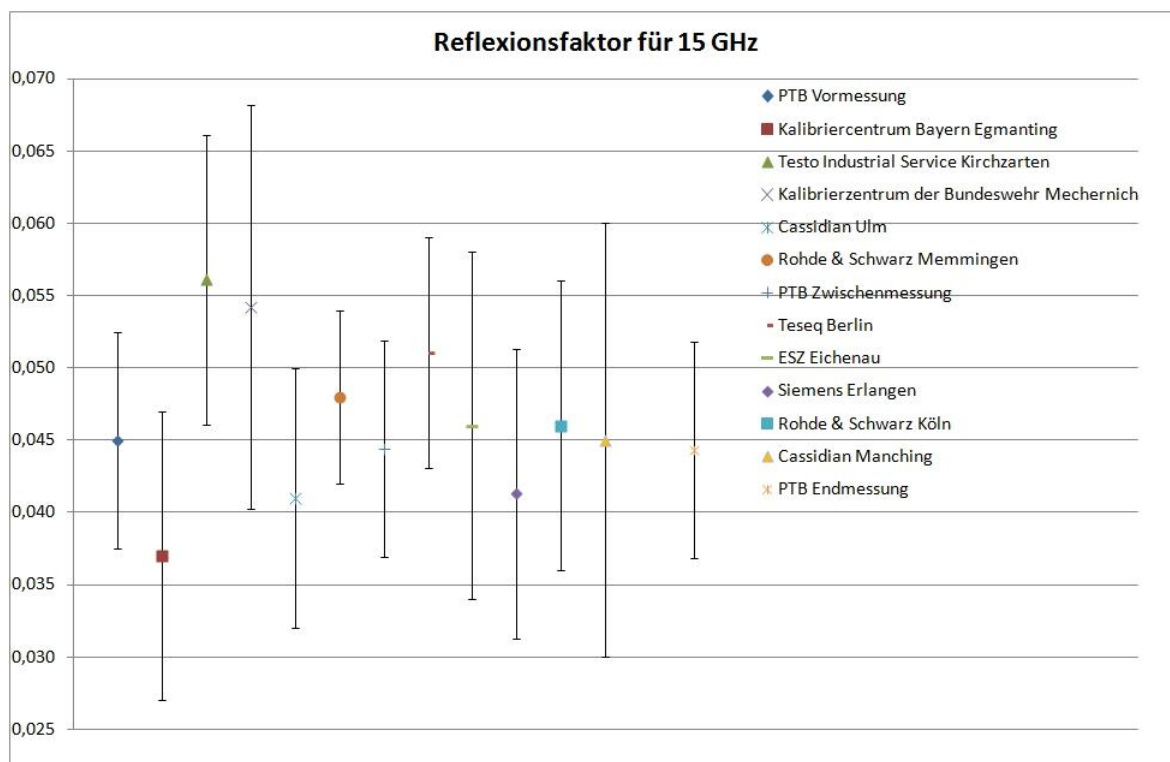


Abbildung 10.2.6: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 15 GHz

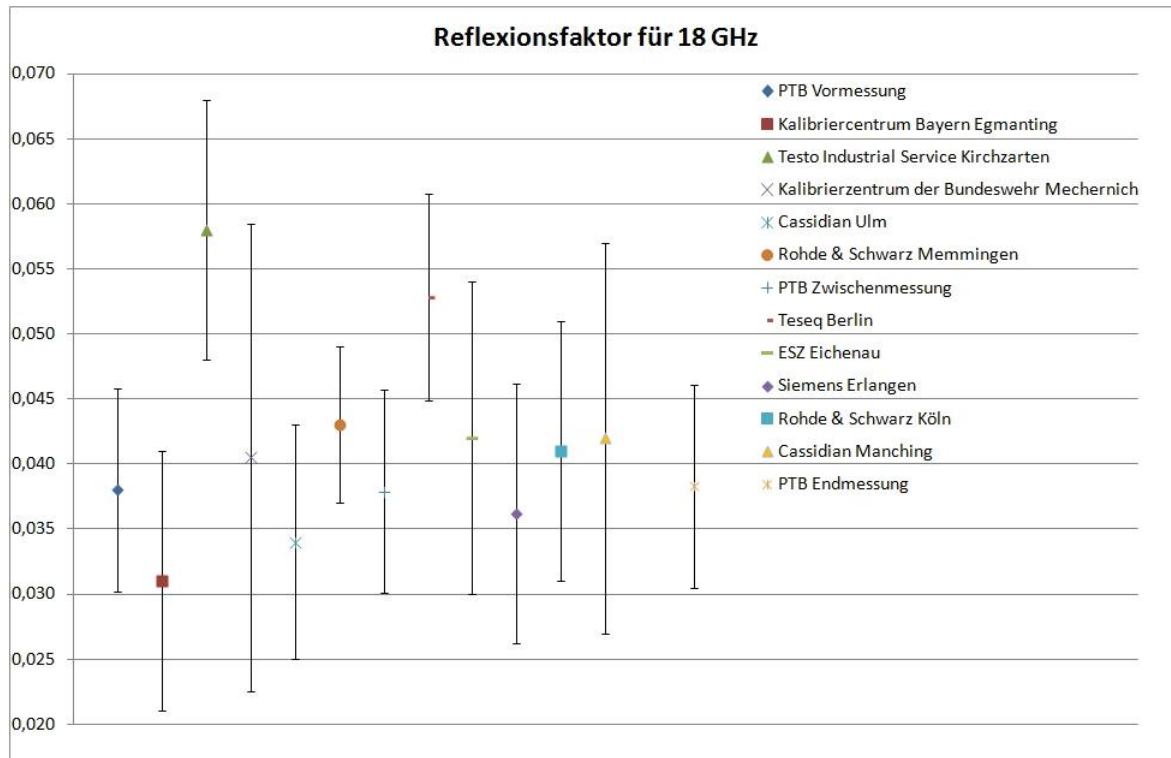


Abbildung 10.2.7: Die Beträge der Reflexionsfaktoren bei 18 GHz

10.3 Phase des Reflexionsfaktors

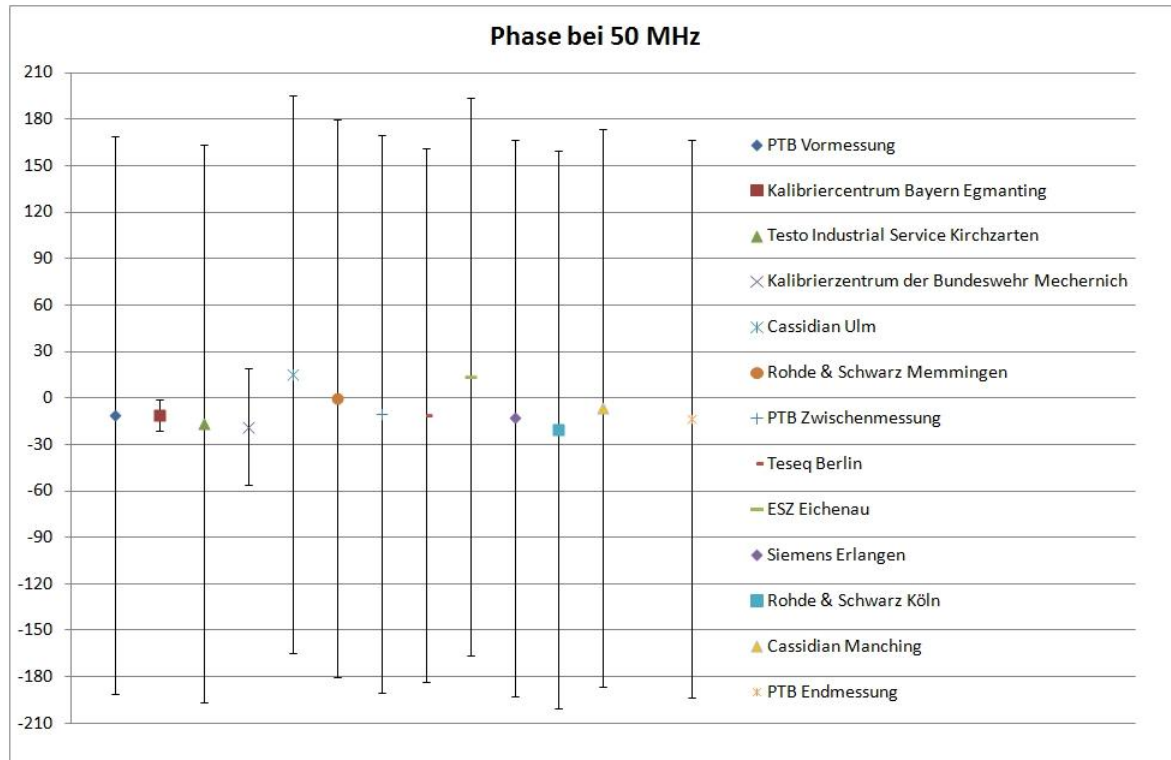


Abbildung 10.3.1: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 50 MHz

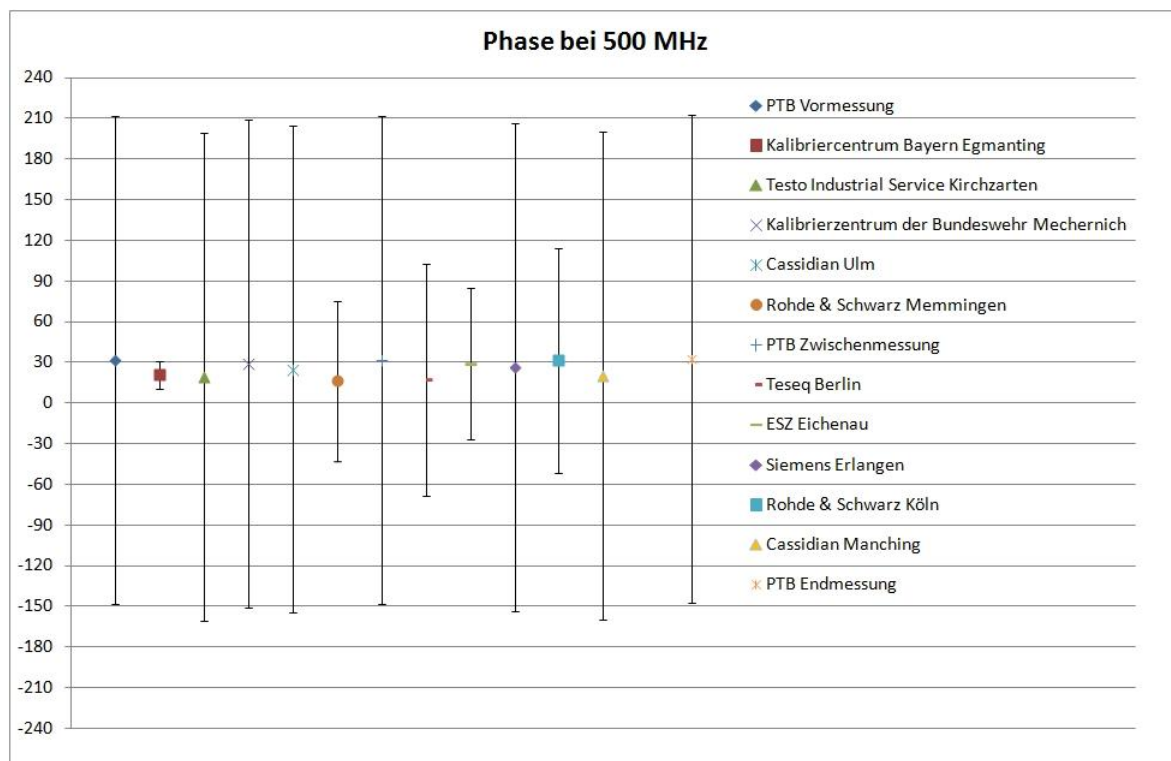


Abbildung 10.3.2: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 500 MHz

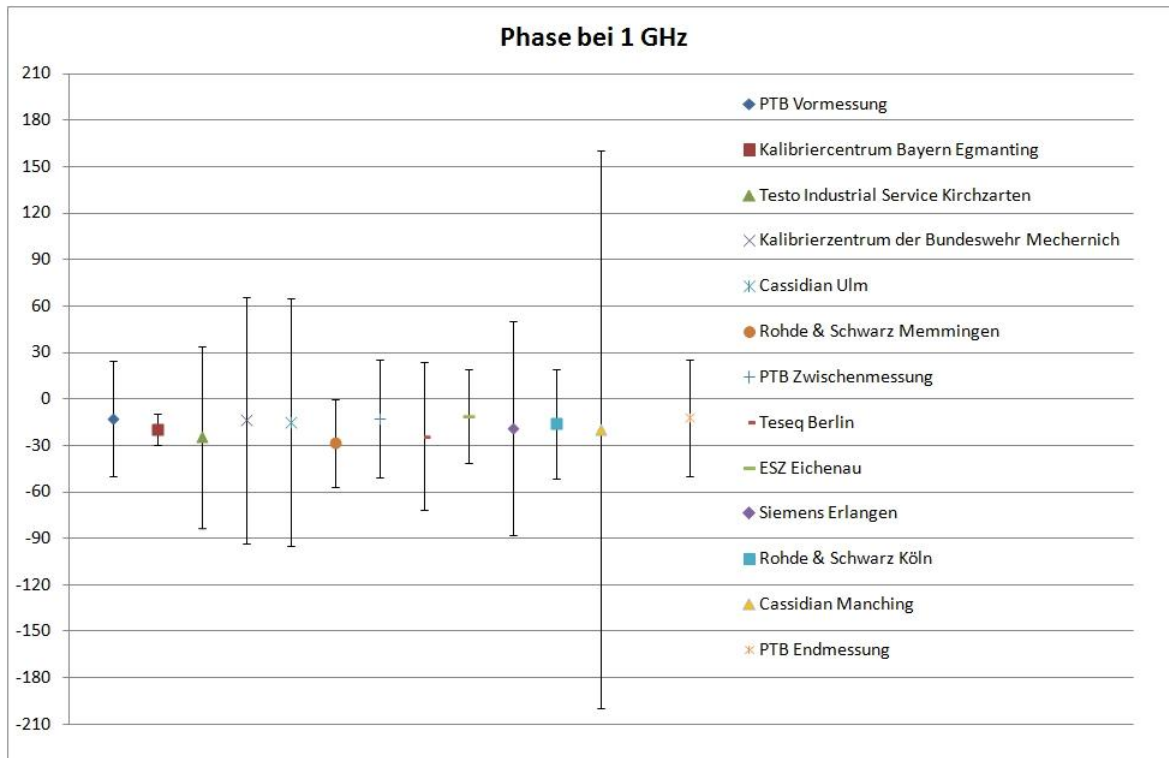


Abbildung 10.3.3: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 1 GHz

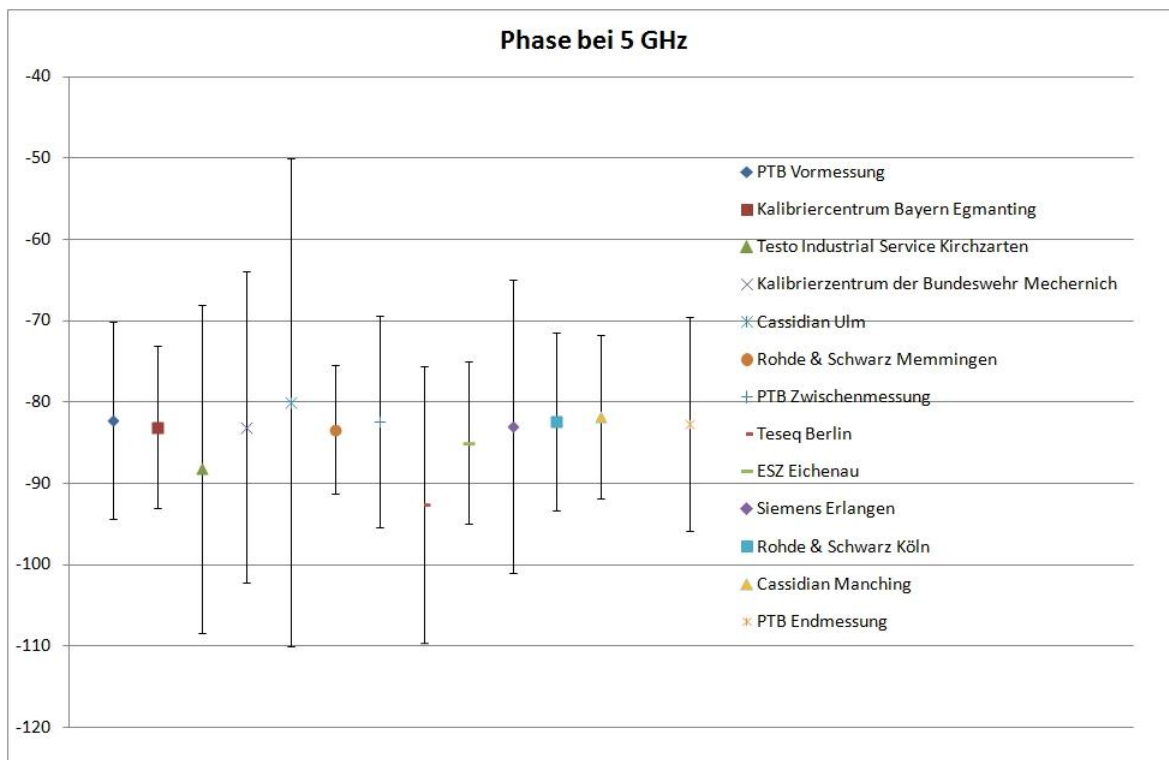


Abbildung 10.3.4: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 5 GHz

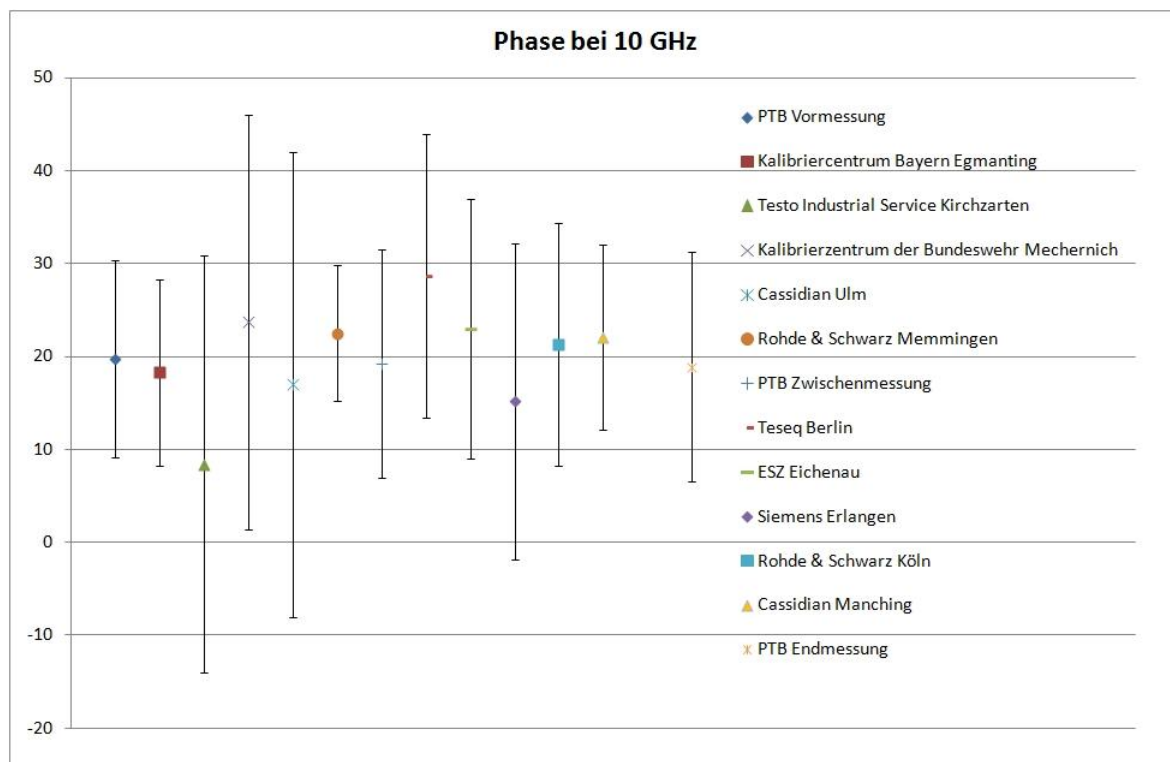


Abbildung 10.3.5: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 10 GHz

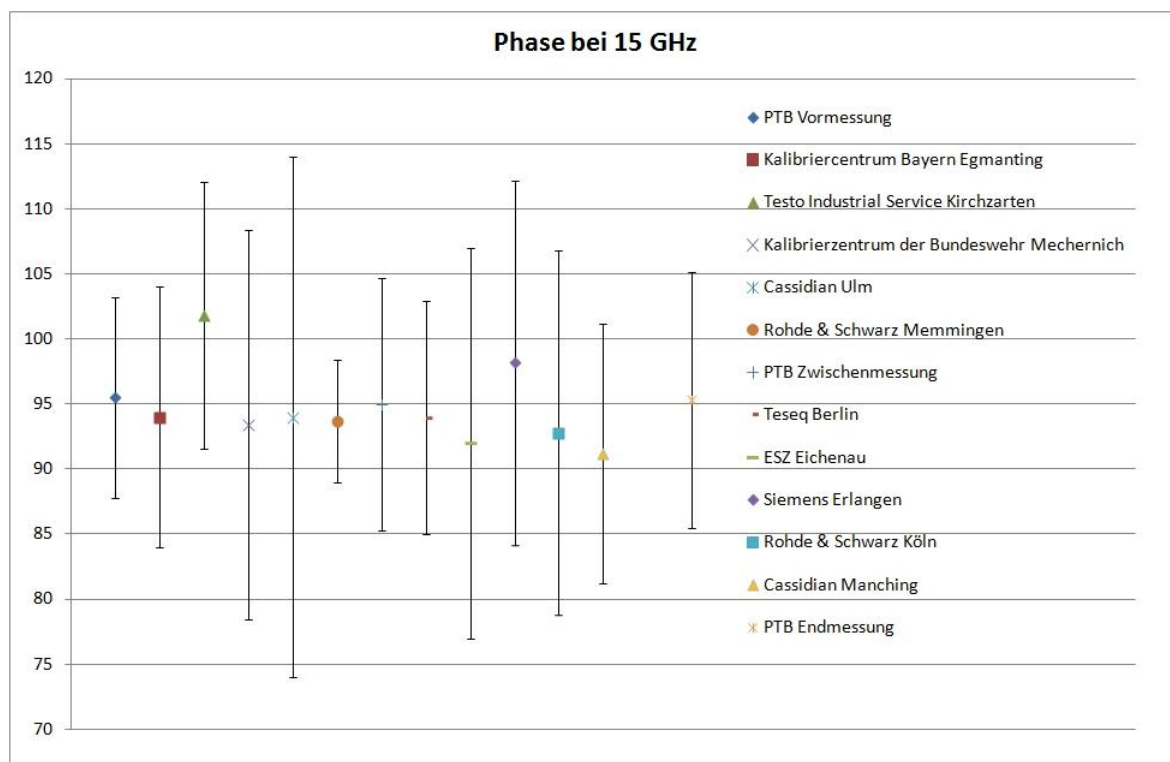


Abbildung 10.3.6: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 15 GHz

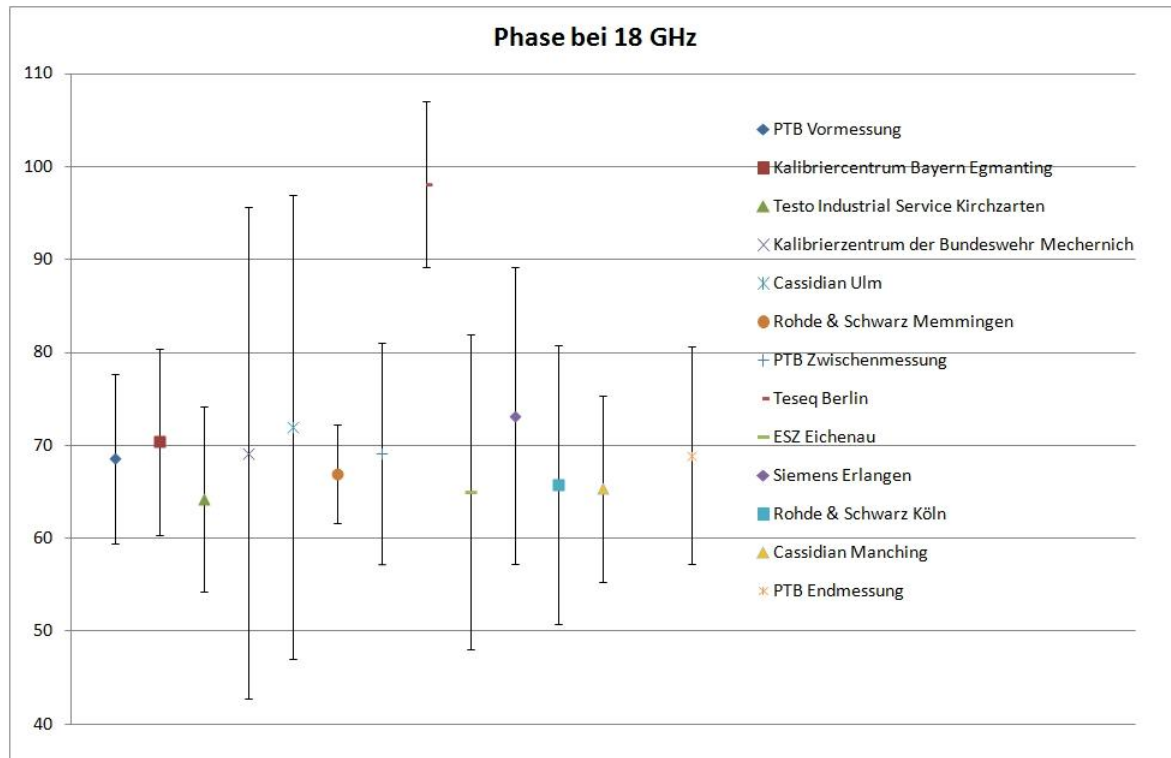


Abbildung 10.3.7: Die Phasen der Reflexionsfaktoren bei 18 GHz

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	44

10.4 Die Pin-Tiefe

	Pin-Tiefe		U ($k=2$)
PTB, Vormessung		-43 μm	5 μm
Kalibrierzentrum Bayern, Egming	5294 μm	-> -36 μm	10 μm
Testo Industrial Services, Kirchzarten		-36,1 μm	5 μm
Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Meckernich	5300,98 μm	-> -43 μm	2,54 μm
Cassidian, Ulm		-38,1 μm	10 μm
Rohde & Schwarz, Memmingen		-37 μm	4 μm
PTB, Zwischenmessung		-45 μm	5 μm
Teseq, Berlin	5730 μm	-> -472 μm	30 μm
esz AG, Eichenau	5291 μm	-> -33 μm	19 μm
Siemens, Erlangen		--35 μm	10 μm
Rohde & Schwarz, Köln		-45 μm	5 μm
Cassidian, Manching	5307 μm	-> -49 μm	10 μm
Systems Engineering, Stolberg		-	-
PTB, Endmessung		-43 μm	5 μm

Tabelle 10.4.1: Gemessene Pin-Tiefen der Kalibrierlaboratorien

PTB Mittelwert		-44 μm	5 μm
----------------	--	-------------------	-----------------

Tabelle 10.4.2: PTB-Mittelwert der Pin-Tiefen

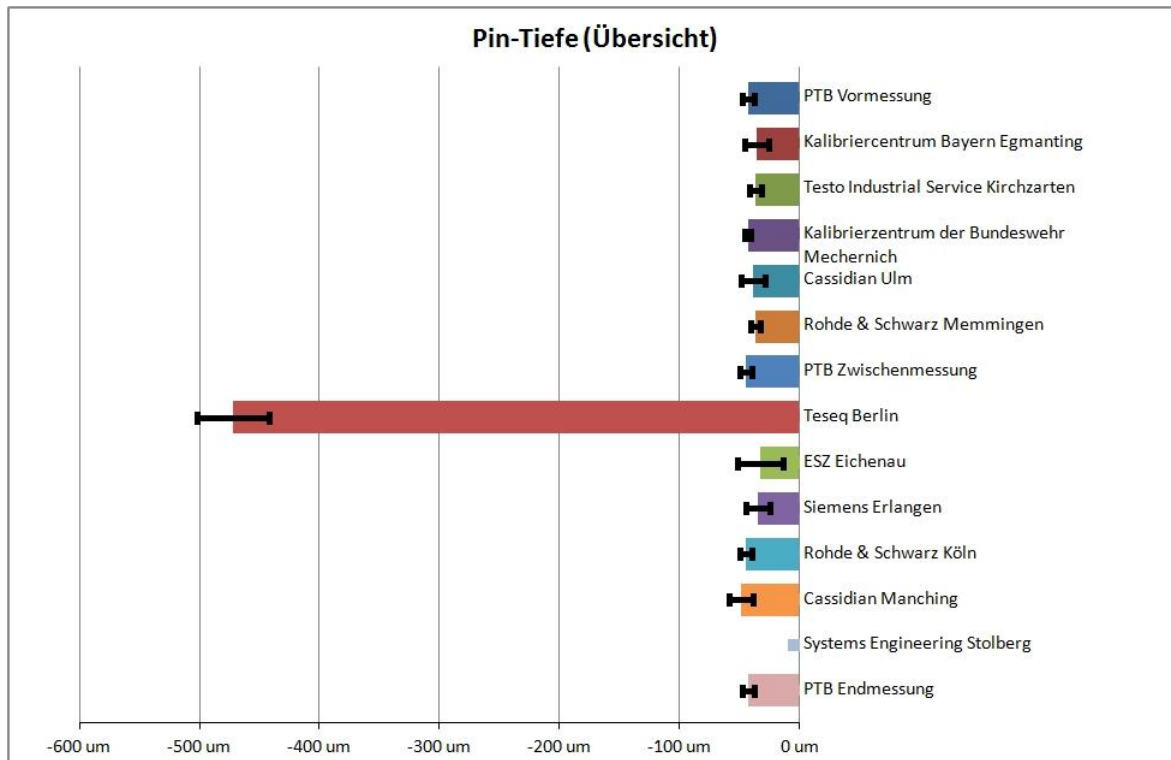


Abbildung 10.4.1: Gemessene Pin-Tiefen

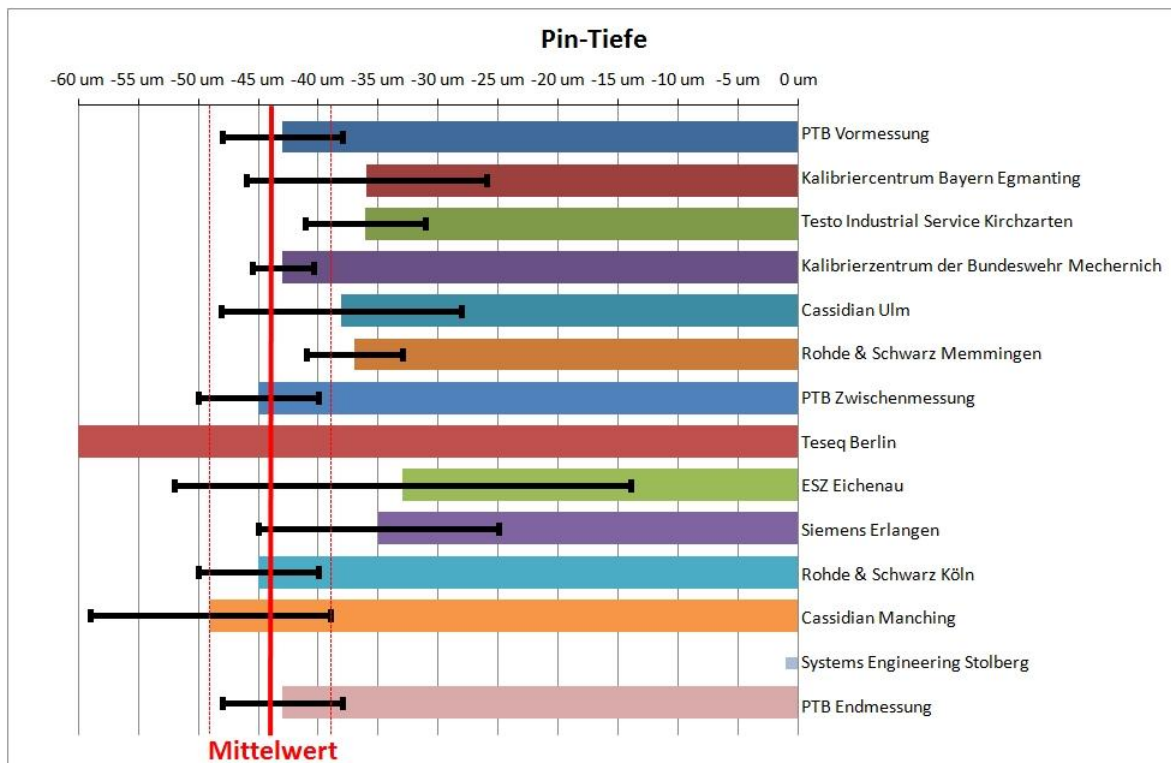


Abbildung 10.4.2: Pin-Tiefen mit dem Mittelwert $-44 \mu\text{m}$ und der erweiterten Unsicherheit von $\pm 5 \mu\text{m}$, bestimmt aus den Messungen der PTB (vergrößert)

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	46

11 Auswertung des Ringvergleiches

11.1 Resümee

Die Absolutbeträge der E_N -Werte des Kalibrierungsfaktors liegen bei allen Kalibrierlaboratorien unterhalb von 1.

Die Absolutbeträge der E_N -Werte des Reflexionsfaktors liegen bei fast allen Kalibrierlaboratorien unter 1. Nur bei zwei Kalibrierlaboratorien liegen sie über 1.

Die Beträge der E_N -Werte der Phasen der Reflexionsfaktoren liegen fast alle unter 1. Nur ein Kalibrierlaboratorium liegt mit einem Betrag des E_N -Werts von 2,3 deutlich daneben.

Bei den Werten der Pin-Tiefe liegen fast alle Kalibrierlaboratorien im guten Bereich. Nur ein Kalibrierlaboratorium hat einen zu großen Wert angegeben.

Alle Teilnehmer haben die Kalibrierzeiten sehr gut eingehalten, und auch die Versendung der Normale funktionierte sehr gut. Die Rücksendung der Ergebnisberichte verlief weitgehend sehr schnell. Nur ein Kalibrierlaboratorium benötigte drei Monate für die Übersendung des Ergebnisberichtes.

11.2 Schlussbemerkung

Dieser Nationale Ringvergleich für die "HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz" hat gute Ergebnisse gezeigt.

Für die entscheidende Messgröße - dem **Kalibrierungsfaktor** - erreichten **alle** Teilnehmer bei **allen** Frequenzen einen Absolutbetrag des E_n -Werts kleiner 1. Ein Teilnehmer lag im unteren Frequenzbereich bei E_n -Werten von 0,80 bis 0,93, welches seine Ursache wahrscheinlich in den sehr klein abgeschätzten Unsicherheiten hat. Alle anderen Beträge der E_n -Werte lagen unter 0,62.

Bei der Messgröße **Betrag des Reflexionsfaktors** betrug der E_n -Wert lediglich bei zwei Teilnehmern und bei 18 GHz 1,57 und 1,32. Alle anderen Teilnehmer lagen bei einem Absolutbetrag unter 1.

Bei der **Phase des Reflexionsfaktors** betrug der E_n -Wert lediglich bei einem Teilnehmer bei 18 GHz 2,3. Alle anderen lagen bei einem Betrag des E_n -Werts unter 0,51.

Im Bereich des Kalibrierungsfaktors bezogen die Kalibrierlaboratorien die Messwerte ihrer Normale fast ausschließlich aus Kalibrierungen in der PTB oder aus DAkkS-akkreditierten Kalibrierlaboratorien, die ihre Normale in der PTB kalibrieren lassen. Nur ein Kalibrierlaboratorium war auf ein anderes Metrologieinstitut (METAS) rückgeführt.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	47

12 Das Normal



Abbildung 11.2.1: Die Messobjekt NRP-Z51 mit der Seriennummer 104095



Abbildung 11.2.2: Inhalt des Paketes

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	48

13 Technisches Protokoll

Technisches Protokoll

(1.10.2013)

13.1 Allgemeines

13.1.1 Einführung

Ziel des Nationalen Ringvergleiches ist es, den akkreditierten DAkkS-Laboratorien eine Möglichkeit zur Teilnahme an Vergleichen zwischen Laboratorien (nach DIN/EN/ISA 17025 Punkt 5.9.1) zu geben.

Dazu organisiert die Arbeitsgruppe Hochfrequenzmesstechnik der Phys.-Techn. Bundesanstalt einen Nationalen Ringvergleich im Bereich Hochfrequenzleistung mit einem NRP-Z51 Leistungssensor mit N-Konnektor bis 18 GHz.

13.1.2 Pilotlaboratorium

Das Pilotlaboratorium dieses Vergleiches ist die Arbeitsgruppe 2.22 "Hochfrequenzmesstechnik" der Phys.-Techn. Bundesanstalt, welches insgesamt drei Kontrollmessungen durchführen wird. Die erste erfolgt am Anfang, die zweite in der Mitte und die Schlussmessung am Ende des Vergleiches. Die Kontaktadresse ist:

Phys.-Techn. Bundesanstalt	Tel.:	(05 31) 592 - 22 23
Arbeitsgruppe 2.22; Jürgen Rühaak	FAX:	(05 31) 592 - 22 28
Bundesallee 100	E-Mail:	juergen.ruehaak@ptb.de
38116 Braunschweig		

13.1.3 Transport des Vergleichsnormales

Der als Messobjekt dienende HF-Leistungsmesskopf NRP-Z51 mit der Seriennummer 104095 sowie ein USB-Adapter und eine CD mit der Software zum Auslesen der Messdaten werden in einem Koffer mit einem Gewicht von etwa 3,5 kg verschickt, der wiederum in einem Karton verpackt ist.

Die Kosten für den Versand zum nächsten Teilnehmer oder zurück zur PTB hat das jeweilige Kalibrierlaboratorium zu tragen.

Der Ein- und Ausgang des Messobjektes ist dem Pilotlabor umgehend per E-Mail zu bestätigen.

13.1.4 Umlauf des Messobjektes

Die Kalibrierung des Messobjektes erfolgt in der Reihenfolge, wie sie in dem Umlaufplan (siehe Abschnitt 13.5) festgelegt wurde. Der Starttermin mit der Ankunft im ersten Kalibrierlaboratorium ist der **14. Oktober 2013**.

Für die Messung wurde jeweils eine Woche und für den Weitertransport ebenfalls eine Woche eingeplant. Falls die geplante Messperiode von einem Kalibrierlaboratorium nicht eingehalten

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	49

werden kann, bitten wir als Pilotlaboratorium um rechtzeitige Mitteilung, damit eine Ersatzlösung gefunden werden kann.

Ein Kalibrierlaboratorium, das seine Messperiode nicht einhalten kann, kann am Ende des Umlaufes eine zweite Möglichkeit erhalten, das Messobjekt zu vermessen. Dies sollte aber eine Ausnahme bleiben.

13.1.5 Defekte am Messobjekt

Falls am Messobjekt oder den Hilfskomponenten Störungen oder Beschädigungen festgestellt werden sollten, ist das Pilotlaboratorium **sofort** zu unterrichten, damit eventuell ein Ersatznormal beschafft werden kann.

13.2 Die Messungen

13.2.1 Das Messobjekt

Der Karton enthält:

- NRP-Z51 Messkopf mit N-Stecker mit der Seriennummer 104095
- USB Adapterkabel
- CD mit Treiber und Software
- Bedienhandbuch der NRP-Leistungsmessköpfe
- Technisches Protokoll
- CD mit dem Technischen Protokoll, der Vorlage zum Ergebnisbericht, der Liste der Teilnehmer und den Umlaufplan

Der NRP-Z51 Leistungsmesskopf hat eine Eingangsimpedanz von etwa 50 Ω und ist mit einem Präzisions-N-Stecker ausgerüstet. Der Anschlußstecker kann entweder mit einem vorhandenen NRP-Grundgerät, oder mit Hilfe des beiliegenden USB-Adapterkabels direkt mit einem PC verbunden werden. Ein entsprechender Treiber und die benötigte Software zur Darstellung des Messwertes sind auf der ebenfalls beiliegenden CD vorhanden. Die Software kann auch unter <http://www.rohde-schwarz.com/en/software/nrpz/> heruntergeladen werden.

13.2.2 Umgebungsbedingungen

Die Raumtemperatur während der Messung sollte 23°C betragen und ist zu dokumentieren. Die aktuellen Werte müssen im Kalibrierbericht angegeben werden. Vor der Messung sollte dem Messkopf eine hinreichend lange Anwärmzeit gewährt werden.

13.2.3 Inspektion vor der Messung und Steckerkontrolle

Vor Beginn der Messung soll geprüft werden, ob das Messobjekt äußerlich unbeschädigt ist. Der Konnektor des Messobjektes sollte

1. gereinigt werden,
2. überprüft werden, ob er unbeschädigt ist, und
3. es soll geprüft werden, ob der Abstand zwischen der Referenzebene des Außenleiters und der Schulter des Innenleiters (Pin-Tiefe) innerhalb der Spezifikation liegt.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805		DKD- V 02.02	
			Version:	02/2015
			Revision:	0
			Seite:	50

13.2.4 Anschluss des Messkopfes

Der Messkopf sollte durch Anziehen mit einem passenden Drehmomentschlüssel mit dem Messsystem verbunden werden.

Die Leistung während der Messung sollte etwa 1 mW betragen.

13.2.5 Messgrößen

Für die Frequenzen 50 MHz, 500 MHz, 1 GHz, 5 GHz, 10 GHz, 15 GHz und 18 GHz sind folgende Messgrößen zu bestimmen:

- a. der absolute Kalibrierungsfaktor K , mit

$$K = \frac{P_{\text{Anzeige}}}{P_{\text{Eingestrahlt}}}$$

P_{Anzeige} : Angezeigte Leistung

$P_{\text{Eingestrahlt}}$: Eingestrahlte Leistung

- b. der Betrag des Eingangsreflexionsfaktors $|\Gamma|$ und die Phase φ , weiterhin sollte
- c. die Pin-Tiefe, d.h. der Abstand zwischen Referenzebene und der Schulter des Innenleiters gemessen werden.

13.2.6 Dokumentation der Messergebnisse

Die Kalibrierlaboratorien müssen die Messergebnisse in einem Ergebnisbericht angeben.

Folgende Angaben sind dazu notwendig:

- a. Absoluter Kalibrierungsfaktor
- b. Messleistung und
- c. Anzahl der Messungen,
- d. kurze Erläuterung des Messverfahrens,
- e. wo wurde das Normal zurückgeführt (auf PTB, anderes Staatsinstitut oder anderes Kalibrierlaboratorium)
- f. Betrag und Phase des Reflexionsfaktors,
- g. kurze Erläuterung des Messverfahrens der Reflexionsmessung und der verwendeten Normale (Autocal, SOL...)
- h. Pin-Tiefe,
- i. kurze Erläuterung des Messverfahrens der Pin-Tiefe, z.B. Hersteller der Messuhr...
- j. Temperatur und relative Feuchte während der Messung
- k. Kalibrierdatum

13.3 Auswertung des Ringvergleiches

Die Auswertung erfolgt nach dem Ende der Rückmessung in der PTB. Über die gesamten Ergebnisse dieses nationalen Ringvergleiches wird ein Bericht angefertigt und an die Teilnehmer verteilt.

Im Entwurf des Abschlussberichtes erfolgt eine anonyme Zuordnung der Messergebnisse.

Ob im endgültigen Abschlussbericht die Namen der Teilnehmer genannt werden oder nicht, wird nach Befragung und Zustimmung der Teilnehmer entschieden.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	51

13.4 Kosten

Die anfallenden Kosten sind von den Teilnehmern, gewichtet nach den gemessenen Frequenzpunkten, zu tragen.

Nach derzeitigem Stand werden die Kosten pro Teilnehmer und bei Kalibrierung aller sieben Messpunkte etwa 1200 Euro + MwSt. betragen.

13.5 Teilnehmer und Umlaufplan

Folgende Reihenfolge der Kalibrierungen ist vorgesehen:

		KW	Start (Mo)	Ende (Fr)
PTB	Vormessung	40	30.09.2013	11.10.2013
Kalibrierzentrum Bayern	Egming	42	14.10.2013	25.10.2013
testo industrial services	Kirchzarten	44	28.10.2013	08.11.2013
Kalibrierzentrum der Bundeswehr	Mechnich	46	11.11.2013	22.11.2013
Cassidian	Ulm	48	25.11.2013	06.12.2013
Rohde & Schwarz	Memmingen	50	09.12.2013	20.12.2013
PTB	Zwischenmessung	2	06.01.2014	17.01.2014
Teseq GmbH	Berlin	4	20.01.2014	31.01.2014
esz AG	Eichenau	6	03.02.2014	14.02.2014
Siemens	Erlangen	8	17.02.2014	28.02.2014
Rohde & Schwarz	Köln	10	03.03.2014	14.03.2014
Cassidian	Manching	12	17.03.2014	28.03.2014
Systems Engineering	Stolberg	14	31.03.2014	11.04.2014
PTB	Rückmessung	16	14.04.2014	25.04.2014

Sind Verschiebungen in der Reihenfolge aus Termingründen erforderlich, bittet das Pilotlabor um sofortige Mitteilung.

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	52

13.6 Adressenliste und Ansprechpartner

Adresse	Ansprechpartner
Cassidian Abteilung COPMO2 Rechliner Straße 85077 Manching	Paul Winkler (0 84 59) 81 - 64 083 paul.winkler@cassidian.com
Cassidian Abteilung COPLL6 Tester & Calibration Support Wörthstraße 85 89077 Ulm	Ingo Hallitzky (07 31) 392 - 53 31 ingo.hallitzky@cassidian.com
esz AG calibration & metrology Max-Planck-Strasse 16 82223 Eichenau	Andreas C. Böck (0 81 41) 8 88 87 - 79 a.boeck@esz-ag.de
Kalibrierzentrum Bayern Keltenring 28 85658 Egmating	Christine Huber (0 80 95) 87 23 - 0 c.huber@kalibrierzentrum.de
Kalibrierzentrum der Bundeswehr Kalibrierlabor Normale D-K-15072-01-00 Bleibergstraße 1 53894 Mechernich	Bruno Groß (0 24 43) 4 96 - 55 13 brunogross@bundeswehr.org Rolf Mösbauer (0 24 43) 4 96 - 55 13 rolfmoesbauer@bundeswehr.org
Phys.-Techn. Bundesanstalt Arbeitsgruppe 2.22 Bundesallee 100 38116 Braunschweig	Jürgen Rühaak (05 31) 592 - 22 23 Juergen.ruehaak@ptb.de
Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG Dienstleistungszentrum Köln Abt. 5TST1 / DKD-Labor D-K-15012 Graf-Zeppelin-Straße 18 51147 Köln	Bernhard Kistingner (0 22 03) 49 51 433 Bernhard.Kistingner@rohde-schwarz.com
Rohde & Schwarz Messgerätebau GmbH Rohde-und-Schwarz-Straße 1 87700 Memmingen	Gerhard Rösel (0 83 31) 10 - 81 676 Gerhard.Roesel@rohde-schwarz.com
Siemens AG Industry Sector I CS LS OP ITM TP CA Günther-Scharowsky-Straße 2 91058 Erlangen	Heinz Gerber (0 91 31) 74 30 50 heinz.gerber@siemens.com
Systems Engineering Kalibrierlaboratorium GmbH & Co. KG Leimberg 9 52222 Stolberg	Josef Hahn (024 02) 90 01 81 j.hahn@systems-engineering.eu

	Nationaler Ringvergleich HF-Leistung im N-Koaxialleitersystem bis 18 GHz – October 2013 - April 2014 https://doi.org/10.7795/550.20260805	DKD- V 02.02	
		Version:	02/2015
		Revision:	0
		Seite:	53

Teseq GmbH Landsberger Str. 255 12623 Berlin	Uwe Karsten (0 30) 56 59 88 14 uwe.karsten@teseq.com
Testo industrial services GmbH Gewerbestraße 3 79199 Kirchzarten	Eugen Sander (0 76 61) 90 901 - 84 12 esander@testo.de