

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



---

## **Bericht DKD-V 3.1**

**DKD-Ringvergleich nach  
dem PTB-Anschlussmessverfahren für  
statische Kräfte von 10 kN bis 20 kN**

G. Haucke, D. Schwind

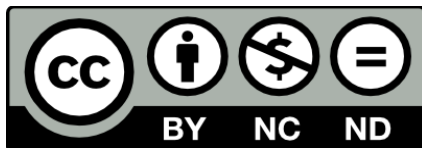
---

Ausgabe 03/2016

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 2/31    |

Herausgegeben vom Deutschen Kalibrierdienst (DKD) unter der Schirmherrschaft der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB und der akkreditierten Kalibrierlaboratorien des Fachausschusses „Kraft und Beschleunigung“.

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/>):



### Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD waren 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 den 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 der Akkreditierungsstelle 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.

Kalibrierungen der akkreditierten Laboratorien geben dem Anwender Sicherheit für die Verlässlichkeit von Messergebnissen, erhöhen das Vertrauen der Kunden und die Wettbewerbsfähigkeit auf dem nationalen und internationalen Markt und dienen als messtechnische Grundlage für die Mess- und Prüfmittelüberwachung im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen.

**Veröffentlichungen:** siehe Internet

### Kontakt:

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)  
unter Schirmherrschaft der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)  
Geschäftsstelle in der PTB  
Bundesallee 100      38116 Braunschweig  
Postfach 33 45      38023 Braunschweig  
Telefon Sekretariat: (05 31) 5 92-83 06  
Internet:              www.dkd.eu

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 3/31    |

| INHALTSVERZEICHNIS                                     | Seite |
|--|-------|
| Vorwort.....   | 4     |
| 1 Abkürzungen .....                                    | 5     |
| 2 Allgemeine Informationen über den Ringvergleich..... | 6     |
| 3 Pilotlabor .....                                     | 6     |
| 4 Zeitplan .....                                       | 6     |
| 5 Teilnehmer .....                                     | 9     |
| 6 TransfERNormal (Die Messkette) .....                 | 10    |
| 7 Transportbedingungen.....                            | 10    |
| 8 Verfahren.....                                       | 10    |
| 9 Messprotokoll und Begleitdaten.....                  | 12    |
| 10 Ablauf des Ringvergleichs.....                      | 14    |
| 10.1 Vormessungen im Pilotlabor .....                  | 14    |
| 10.2 Umläufe.....                                      | 15    |
| 11 Auswertungen .....                                  | 15    |
| 11.1 Langzeitdrift des Kraftaufnehmers.....            | 16    |
| 11.2 Vergleich mit und ohne Driftkorrektur.....        | 17    |
| 11.3 Standardabweichung der Mittelwerte.....           | 18    |
| 11.4 Ergänzende Betrachtungen .....                    | 20    |
| 11.4.1 Einfluss der Umgebungstemperatur .....          | 20    |
| 11.4.2 Einfluss des Zeittaktes.....                    | 22    |
| 11.4.3 Ermittlung der En-Werte .....                   | 23    |
| 12 Zusammenfassung .....                               | 28    |
| 13 Referenzen .....                                    | 29    |
| 14 Anhang - Teilnehmerliste .....                      | 30    |

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 4/31    |

## 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. In der DIN EN ISO/IEC 17025 Kap. 5.9.1 werden zur Qualitätssicherung von Kalibrierergebnissen derartige Vergleichsmessungen oder Eignungsprüfungen vorgeschrieben.

Dieser Bericht wurde im Auftrag des DKD-Fachausschusses „Kraft und Beschleunigung“ erstellt und von diesem genehmigt.

Autoren:<sup>1</sup>

Auswertung: Günther Haucke, PTB Braunschweig

Organisation: Daniel Schwind, GTM Bickenbach

---

<sup>1</sup> Um die Vertraulichkeit bei der Auswertung zu wahren, erhielt Hr. Schwind als Teilnehmer des Ringvergleichs keinerlei Kenntnisse über Ergebnisse anderer Teilnehmer.

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 5/31    |

## 1 Abkürzungen

|       |   |
|-------|---|
| AG    | Arbeitsgruppe   |
| DAkkS | Deutsche Akkreditierungsstelle  |
| DIN   | Deutsches Institut für Normung  |
| DKD   | Deutscher Kalibrierdienst   |
| KBS   | Konformitätsbewertungsstelle (Kalibrierstelle, Kalibrierlaboratorium) |
| MU    | Messunsicherheit  |
| MW    | Mittelwert (arithmetisches Mittel)                                    |
| CMC   | Calibration and Measurement Capability vormalms auch BMC genannt      |
| BMC   | Best Measurement Capability   |
| PTB   | Physikalisch-Technische Bundesanstalt                                 |
| Stabw | Standardabweichung  |
| Rel.  | relative  |
| $E_n$ | normierte Abweichung  |

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 6/31    |

## 2 Allgemeine Informationen über den Ringvergleich

Auf der 55. Sitzung des DKD-Fachausschusses „Kraft und Beschleunigung“ am 12. und 13. Juni 2012 wurde beschlossen, einen DKD-Ringvergleich für die Messgröße Kraft durchzuführen. Die Auswertung der vorangegangenen Umfrage ergab, dass sich das größte Interesse im Messbereich 20 kN abzeichnete (Interesse basierend auf der Bedeutung des Kraftbereichs für die Industrie und der Anzahl der Teilnehmer).

Vergleichsmessungen oder Eignungsprüfungen können auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Für diesen Ringvergleich wurde das sequentielle Teilnehmerprogramm ausgewählt (DIN EN ISO/IEC 17043:2010-05 A.2), eine Methode, um eine Messgröße, hier die Messgröße Kraft der teilnehmenden Laboratorien zu quantifizieren.

## 3 Pilotlabor

Als Referenzlabor oder Pilotlabor wurde die AG 1.21 Darstellung Kraft der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig eingesetzt. Alle Ergebnisse der Kalibrierlaboratorien wurden mit dem im Pilotlabor ermittelten Referenzwert verglichen.

### **PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

Kontaktperson: Günther Haucke  
 Adresse: Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
 Fachbereich 1.2 „Festkörpermechanik“  
 Arbeitsgruppe 1.21 „Darstellung Kraft“  
 Bundesallee 100  
 D-38116 Braunschweig  
 Telefon: +49 531 592 1123  
 E-Mail: guenther.haucke@ptb.de

## 4 Zeitplan

Die Kalibrierungen waren von den Laboratorien entsprechend dem nachstehenden Kalender einzuplanen. Jedem Kalibrierlabor stand eine volle Arbeitswoche mit fünf Arbeitstagen zur Verfügung. Auch wenn der Ringvergleich vermutlich schneller hätte durchgeführt werden können, wurden die Labore gebeten, den Zeitplan einzuhalten. Nachfolgende Labore sollten sich auf die geplanten Termine verlassen können.

Begonnen wurde mit den Kalibrierlaboratorien, die nach dem Leistungsverzeichnis die kleinste Messunsicherheit aufwiesen. Nach maximal fünf Laboratorien erfolgte eine Zwischenkontrolle in der PTB bei dem Pilotlabor.



**Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem PTB-Anschlussmessverfahren für statische Kräfte von 10 kN bis 20 kN**

DKD-V 3.1

Version:

03/2016

Revision:

0

Seite:

7/31

**Zeitplan 2013**

| Februar | März   | April  | Mai    | Juni   | Juli   | August | September | Oktober | November | Dezember |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| 01. Fr  | 01. Mi | 01. Mi | 01. Mi | 01. Sa | 01. Sa | 01. So | 01. So    | 01. Di  | 01. Fr   | 01. So   |
|         | 02. Di | 02. Di | 02. Do | 02. So | 02. So | 02. Fr | 02. Mo    | 02. Mi  | 02. Sa   | 02. Mo   |
| 03. So  | 03. Mi | 03. Mi | 03. Fr | 03. Mo | 03. Mo | 03. So | 03. Di    | 03. Do  | 03. So   | 03. Di   |
| 04. Mo  | 04. Do | 04. Do | 04. Sa | 04. Di | 04. Di | 04. So | 04. Mi    | 04. Fr  | 04. Mo   | 04. Mi   |
| 05. Di  | 05. Fr | 05. Fr | 05. So | 05. Mi | 05. Mi | 05. Mo | 05. Do    | 05. Sa  | 05. Di   | 05. Do   |
| 06. Mi  | 06. Sa | 06. Sa | 06. Mo | 06. Do | 06. Do | 06. Di | 06. Fr    | 06. So  | 06. Mi   | 06. Fr   |
| 07. Do  | 07. So | 07. So | 07. Di | 07. Fr | 07. Fr | 07. Mi | 07. Sa    | 07. Mo  | 07. Do   | 07. Sa   |
| 08. Fr  | 08. Mo | 08. Mo | 08. Mi | 08. So | 08. So | 08. Do | 08. Mo    | 08. Di  | 08. Fr   | 08. So   |
| 09. Sa  | 09. Di | 09. Di | 09. Do | 09. Mo | 09. Mo | 09. Fr | 09. Sa    | 09. Di  | 09. So   | 09. Mo   |
| 10. So  | 10. Mi | 10. Mi | 10. Fr | 10. Di | 10. Di | 10. So | 10. Di    | 10. Do  | 10. So   | 10. Di   |
| 11. Mo  | 11. Do | 11. Do | 11. Sa | 11. Mi | 11. Mi | 11. Mo | 11. Mi    | 11. Fr  | 11. Mo   | 11. Mi   |
| 12. Di  | 12. Fr | 12. Fr | 12. So | 12. Do | 12. Do | 12. Di | 12. Do    | 12. Sa  | 12. Di   | 12. Do   |
| 13. Mi  | 13. Sa | 13. Sa | 13. Mo | 13. So | 13. So | 13. Mo | 13. Di    | 13. Do  | 13. Mi   | 13. Fr   |
| 14. Do  | 14. So | 14. So | 14. Di | 14. Fr | 14. Fr | 14. So | 14. Mi    | 14. Mo  | 14. Do   | 14. Sa   |
| 15. Fr  | 15. Mo | 15. Mo | 15. Mi | 15. So | 15. So | 15. Di | 15. Do    | 15. Di  | 15. Fr   | 15. So   |
| 16. Sa  | 16. Di | 16. Di | 16. Do | 16. Mi | 16. Mi | 16. Fr | 16. Sa    | 16. Mo  | 16. Di   | 16. Do   |
| 17. So  | 17. Mi | 17. Mi | 17. Fr | 17. Do | 17. Do | 17. So | 17. Di    | 17. Do  | 17. So   | 17. Di   |
| 18. Mo  | 18. Do | 18. Do | 18. Sa | 18. Mi | 18. Mi | 18. So | 18. Mi    | 18. Fr  | 18. Mo   | 18. Mi   |
| 19. Di  | 19. Fr | 19. Fr | 19. So | 19. Do | 19. Do | 19. Mo | 19. Do    | 19. Sa  | 19. Di   | 19. Do   |
| 20. Mi  | 20. Sa | 20. Sa | 20. Mo | 20. So | 20. So | 20. Di | 20. Fr    | 20. So  | 20. Mi   | 20. Fr   |
| 21. Do  | 21. So | 21. So | 21. Di | 21. Fr | 21. Fr | 21. Mi | 21. Sa    | 21. Mo  | 21. Do   | 21. Sa   |
| 22. Fr  | 22. Mo | 22. Mo | 22. Mi | 22. So | 22. So | 22. Do | 22. So    | 22. Di  | 22. Fr   | 22. So   |
| 23. Sa  | 23. Di | 23. Di | 23. Do | 23. Mo | 23. Mo | 23. Fr | 23. Mo    | 23. Do  | 23. Sa   | 23. Mo   |
| 24. So  | 24. Mi | 24. Mi | 24. Fr | 24. Do | 24. Do | 24. So | 24. Di    | 24. Do  | 24. So   | 24. Di   |
| 25. Mo  | 25. Do | 25. Do | 25. Sa | 25. Mi | 25. Mi | 25. So | 25. Mi    | 25. Fr  | 25. Mo   | 25. Mi   |
| 26. Di  | 26. Fr | 26. Fr | 26. So | 26. Do | 26. Do | 26. Mo | 26. Do    | 26. Sa  | 26. Di   | 26. Do   |
| 27. Mi  | 27. Sa | 27. Sa | 27. Mo | 27. So | 27. So | 27. Di | 27. Fr    | 27. So  | 27. Mi   | 27. Fr   |
| 28. Do  | 28. So | 28. So | 28. Di | 28. Fr | 28. Fr | 28. Mo | 28. Do    | 28. Sa  | 28. Do   | 28. Sa   |
| 29. Fr  | 29. Mo | 29. Mo | 29. Mi | 29. So | 29. So | 29. Di | 29. Fr    | 29. Mo  | 29. Do   | 29. So   |
| 30. Sa  | 30. Di | 30. Di | 30. Do | 30. Mi | 30. Mi | 30. Fr | 30. Sa    | 30. Mo  | 30. Di   | 30. Mo   |
| 31. So  | 31. Mi | 31. Mi | 31. Fr | 31. Do | 31. Do | 31. So | 31. So    | 31. Do  | 31. Sa   | 31. Di   |

Abbildung 1: Zeitplan im Jahr 2013



**Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem  
PTB-Anschlussmessverfahren für statische  
Kräfte von 10 kN bis 20 kN**

DKD-V 3.1

|           |         |
|-----------|---------|
| Version:  | 03/2016 |
| Revision: | 0       |
| Seite:    | 8/31    |

Zeitplan 2014

| Januar | Februar | März  | April | Mai   | Juni  | Juli  |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 01 Mi  | 01 Sa   | 01 Sa | 01 Di | 01 Do | 01 So | 01 Di |
| 02 Do  | 02 So   | 02 So | 02 Mi | 02 Fr | 02 Mo | 02 Mi |
| 03 Fr  | 03 Mo   | 03 Mo | 03 Do | 03 Sa | 03 Di | 03 Do |
| 04 Sa  | 04 Di   | 04 Di | 04 Fr | 04 So | 04 Mi | 04 Fr |
| 05 So  | 05 Mi   | 05 Mi | 05 So | 05 Mo | 05 Do | 05 Sa |
| 06 Mo  | 06 Do   | 06 Do | 06 So | 06 Di | 06 Fr | 06 So |
| 07 Di  | 07 Fr   | 07 Fr | 07 Mo | 07 Mi | 07 Sa | 07 Mo |
| 08 Mi  | 08 Sa   | 08 Sa | 08 Di | 08 Do | 08 So | 08 Di |
| 09 Do  | 09 So   | 09 So | 09 Mi | 09 Fr | 09 Mo | 09 Mi |
| 10 Fr  | 10 Mo   | 10 Mo | 10 Do | 10 Sa | 10 Di | 10 Do |
| 11 Sa  | 11 Di   | 11 Di | 11 Fr | 11 So | 11 Mi | 11 Fr |
| 12 So  | 12 Mi   | 12 Mi | 12 So | 12 Mo | 12 Do | 12 Sa |
| 13 Mo  | 13 Do   | 13 Do | 13 So | 13 Di | 13 Fr | 13 So |
| 14 Di  | 14 Fr   | 14 Fr | 14 Mo | 14 Mi | 14 Sa | 14 Mo |
| 15 Mi  | 15 Sa   | 15 Sa | 15 Di | 15 Do | 15 So | 15 Di |
| 16 Do  | 16 So   | 16 So | 16 Mi | 16 Fr | 16 Mo | 16 Mi |
| 17 Fr  | 17 Mo   | 17 Mo | 17 Do | 17 Sa | 17 Di | 17 Do |
| 18 Sa  | 18 Di   | 18 Di | 18 Fr | 18 So | 18 Mi | 18 Fr |
| 19 So  | 19 Mi   | 19 Mi | 19 So | 19 Mo | 19 Do | 19 Sa |
| 20 Mo  | 20 Do   | 20 Do | 20 So | 20 Di | 20 Fr | 20 So |
| 21 Di  | 21 Fr   | 21 Fr | 21 Mo | 21 Mi | 21 Sa | 21 Mo |
| 22 Mi  | 22 Sa   | 22 Sa | 22 Di | 22 Do | 22 So | 22 Di |
| 23 Do  | 23 So   | 23 So | 23 Mi | 23 Fr | 23 Mo | 23 Mi |
| 24 Fr  | 24 Mo   | 24 Mo | 24 Do | 24 Sa | 24 Di | 24 Do |
| 25 Sa  | 25 Di   | 25 Di | 25 Fr | 25 So | 25 Mi | 25 Fr |
| 26 So  | 26 Mi   | 26 Mi | 26 So | 26 Mo | 26 Do | 26 Sa |
| 27 Mo  | 27 Do   | 27 Do | 27 So | 27 Di | 27 Fr | 27 So |
| 28 Di  | 28 Fr   | 28 Fr | 28 Mo | 28 Mi | 28 Sa | 28 Mo |
| 29 Mi  | 29 So   | 29 So | 29 Di | 29 Do | 29 So | 29 Di |
| 30 Do  | 30 Mo   | 30 Mo | 30 Mi | 30 Fr | 30 Mo | 30 Mi |
| 31 Fr  | 31 Di   | 31 Di | 31 Fr | 31 Sa | 31 Mo | 31 Do |

Abbildung 2: Zeitplan im Jahr 2014



## 5 Teilnehmer

Insgesamt nahmen 23 Laboratorien am Ringvergleich teil, wobei sich einige Laboratorien mit mehreren Messeinrichtungen beteiligten. Die meisten Teilnehmer sind für die Messgröße Kraft akkreditiert. Darüber hinaus beteiligten sich auch Unternehmen mit Kalibrier- oder Prüfeinrichtungen, die nicht für das Kalibrieren von Kraftaufnehmern akkreditiert sind. Bei den Messeinrichtungen, für die keine belegbaren Werte für die Messunsicherheit vorlagen, wurde vom Pilotlabor ein plausibler Wert abgeschätzt. Dieser angenommene Wert kann jedoch nicht für künftige Anwendungen verwendet werden.

Die vollständige Liste der beteiligten Kalibrierstellen (KBS) mit den Kontaktdaten befindet sich im Anhang.

Die Vergleichsmessungen wurden auf 6 Ringe oder Umläufe aufgeteilt. Start und Ende eines Umlaufs war jeweils das Pilotlabor, die AG 1.21 Darstellung Kraft in der PTB.

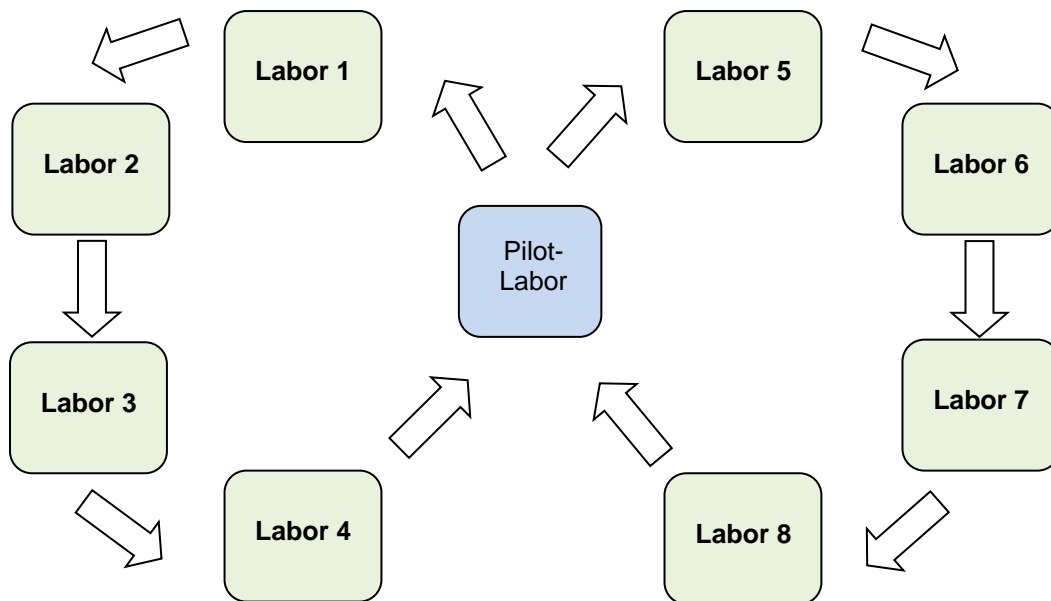


Abbildung 3: Ablaufschema des Ringvergleichs (2 von 6 Umläufen sind dargestellt)

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem PTB-Anschlussmessverfahren für statische Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 10/31   |

## 6 TransfERNormal (Die Messkette)

Das Unternehmen Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) erklärte sich bereit, eine Messkette, bestehend aus einem Kraftaufnehmer des Typs Z4A sowie einem Messverstärker DMP40 für die Dauer des Ringvergleichs unentgeltlich zur Verfügung zu stellen. Folgende Geräte wurden verwendet:

Kraftaufnehmer Z4A S/N: 162930008

Dieses Gerät wurde während des Verlaufs überlastet und musste daher zurückgezogen werden. Die bis dahin durchgeführten Messungen wurden nicht beeinträchtigt, da alle Messwerte der Kalibrierstellen relativ zum Pilotlabor ausgewertet wurden, d.h., es wurden immer die relativen Abweichungen ermittelt.

Für den weiteren Verlauf stellte HBM einen weiteren Kraftaufnehmer desselben Typs zur Verfügung:

Kraftaufnehmer Z4A S/N: 162930013

Anzeigegerät DMP 40 S/N: 164720001

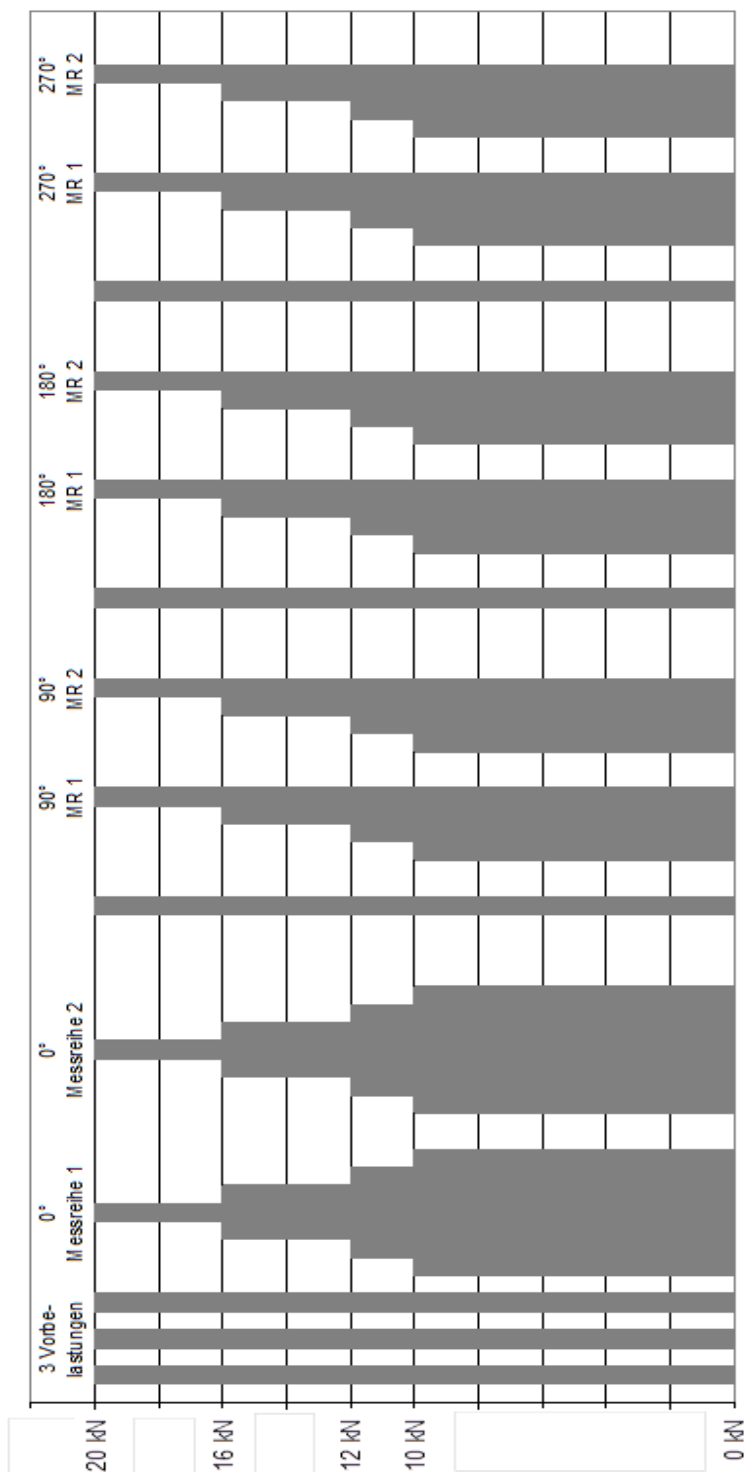
## 7 Transportbedingungen

Der hohen Präzision der Kalibriergegenstände entsprechend war bevorzugt ein Direkttransport per Kurier zu wählen. Bei der Festlegung der Teilnehmerreihenfolge wurde versucht, die Transportstrecken gleichmäßig zu verteilen. Die Kalibriergegenstände waren versichert an das nächste teilnehmende Labor zu liefern (Warenwert 10.000,- €). Traten Versandkosten auf, waren diese vom versendenden Labor zu tragen. Für den Transport wurden jeweils mindestens fünf Arbeitstage im Zeitplan vorgesehen. Das versendende Labor musste dafür Sorge tragen, dass die Kalibriergegenstände spätestens am letzten Arbeitstag des vorgesehenen Transportzeitraumes eintrafen, damit das nachfolgende Labor den vollen Kalibrierzeitraum zur Verfügung hatte.

## 8 Verfahren

Für diesen Ringvergleich kam das PTB-Anschlussmessverfahren zur Anwendung. Dieses Messverfahren wurde von der PTB entwickelt, um Kraftbezugsnormalmesseinrichtungen zu kalibrieren. Dieses Verfahren unterscheidet sich in mehreren Punkten vom Kalibrierverfahren nach DIN EN ISO 376. Letztere Norm wurde geschaffen, um die Charakteristik von Kraftaufnehmern zur Kalibrierung von Werkstoffprüfmaschinen zu untersuchen. Das PTB-Messverfahren wurde speziell auf die Belange des Transfers der Kraftskala entwickelt. Die Unterschiede zur Norm bestehen u.a. darin, dass ein Kraftaufnehmer nur im oberen Messbereich, d.h., ab etwa 50% der Nennkraft, eingesetzt wird, damit die Auflösung des

Messsignals möglichst groß ist. Ferner sollen die Messwerte nach einem festgelegten Zeittakt, der Zykluszeit, registriert werden, der lang genug ist, um eventuelle Kriecheffekte des Kraftaufnehmers zu minimieren. Die Zykluszeit wurde auf 90 s festgelegt. Später stellte sich heraus, dass nicht alle KBS diesen Wert einhalten konnten.



**Abbildung 4: Prinzipieller Ablauf des PTB-Anschlussmessverfahrens**

|            |  |           |         |
|------------|--|-----------|---------|
| <b>DKD</b> | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|            |  | Version:  | 03/2016 |
|            |  | Revision: | 0       |
|            |  | Seite:    | 12/31   |

## 9 Messprotokoll und Begleitdaten

Die nachstehenden Messverstärkereinstellungen wurden vorgegeben und sollten möglichst unverändert übernommen werden.

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Speisespannung   | 5V 225 Hz      |
| Auflösung        | 0,000 001 mV/V |
| Filter           | 0,1 Hz Bessel  |
| Autokalibrierung | EIN            |

Sofern anlagenbedingt Änderungen erforderlich waren, mussten diese im Messprotokoll angegeben werden.

Die erhaltenen Daten waren innerhalb von vier Wochen nach der Messung mittels Excel-Datei an Herrn Haucke zu senden.

Die Excel-Vorlage enthielt ein Tabellenblatt „Messwerte“, hier waren die erhaltenen Messwerte mit Uhrzeit und Temperatur in dem entsprechenden Format einzutragen.

|   | A          | B                                   | C                           | D                               | E |
|---|------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
|   | Kraft / kN | Messwert / mV/V<br>Format: x,xxxxxx | Uhrzeit<br>Format: hh:mm:ss | Temperatur / °C<br>Format: tt,t |   |
| 1 |            |                                     |                             |                                 |   |
| 2 | 0 kN       |                                     |                             |                                 |   |
| 3 | 20 kN      |                                     |                             |                                 |   |
| 4 | 0 kN       |                                     |                             |                                 |   |
| 5 | 0 kN       |                                     |                             |                                 |   |
| 6 | 20 kN      |                                     |                             |                                 |   |
| 7 | 0 kN       |                                     |                             |                                 |   |
| 8 | 0 kN       |                                     |                             |                                 |   |
| 9 | 20 kN      |                                     |                             |                                 |   |

Abbildung 5: Auszug aus dem Tabellenblatt „Messwerte“

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 13/31   |

Im Tabellenblatt „Begleitdaten“ waren die entsprechenden Informationen zu ergänzen.

|    | A   | B             |
|----|---|---------------|
| 1  | Kalibrierlabor Name                               |               |
| 2  | Kalibrierlabor Strasse                            |               |
| 3  | Kalibrierlabor Ort                                |               |
| 4  | Aufnehmer Hersteller                              | HBM           |
| 5  | Aufnehmer Typ                                     | Z4A           |
| 6  | Aufnehmer Seriennummer                            | 162930008     |
| 7  | Messverstärker Hersteller                         | HBM           |
| 8  | Messverstärker Typ                                | DMP40         |
| 9  | Messverstärker Seriennummer                       | 164720001     |
| 10 | Messverstärker Speisespannung                     | 5V 225Hz      |
| 11 | Messverstärker Auflösung                          | 0,000001 mV/V |
| 12 | Messverstärker Filter                             | 0,1 Hz Be     |
| 13 | Messverstärker Autokalibrierung                   | Ein           |
| 14 | Kraft-Bezugsmesseinrichtung Benennung             |               |
| 15 | Kraft-Bezugsmesseinrichtung Messbereich           |               |
| 16 | Kraft-Bezugsmesseinrichtung erw. Messunsicherheit |               |
| 17 | Kalibrierung Datum                                |               |
| 18 | Kalibrierung Bearbeiter                           |               |
| 19 | Kalibrierung Luftdruck                            |               |
| 20 | Kalibrierung rel. Feuchte                         |               |
| 21 | Bemerkungen                                       |               |

**Abbildung 6: Tabellenblatt „Begleitdaten“**

In dieses Tabellenblatt waren u.a. die Umgebungsbedingungen während des Messvorgangs, die charakteristischen Daten der Kalibriereinrichtung, die akkreditierte Messunsicherheit – soweit vorhanden – einzutragen. Wie unter Kapitel 5 erwähnt, wurde vom Pilotlabor für die nicht akkreditierten Teilnehmer ein Messunsicherheitsbetrag abgeschätzt.

In einigen Fällen konnten z.B. die Messzeiten systembedingt nicht protokolliert werden. Hier wurde seitens der KBS bestätigt, dass die Gesamtmessdauer in etwa der Vorgabe durch das Pilotlabor entsprochen hat.

## 10 Ablauf des Ringvergleichs

### 10.1 Vormessungen im Pilotlabor

Vor Beginn des ersten Umlaufs wurde die Messkette in der PTB wiederholt kalibriert, um auf diese Weise stabile Ausgangswerte zu gewinnen. Der Kraftaufnehmer wurde sowohl nach DIN EN ISO 376 als auch nach dem PTB-Anschlussmessverfahren kalibriert. Darüber hinaus wurden auch Kriechmessungen durchgeführt, um den Einfluss der Belastungsdauer abzuschätzen, da nicht alle Kalibriereinrichtungen den vorgegebenen Zeittakt exakt einhalten konnten.

Die Zeitskala in Abbildung 7 beginnt mit dem Belastungsvorgang. Es ist sehr gut zu erkennen, dass das Signal des Kraftaufnehmers auch nach längerer Belastungsdauer ausreichend stabil bleibt. Diese Abbildung zeigt den Belastungsvorgang in einer Direktbelastungsanlage. Die Belastungskörper wurden zunächst gemäß der gewählten Belastungsstufe zusammengestellt. Erst dann erfolgte die Belastung des Kraftaufnehmers in einem Schritt.

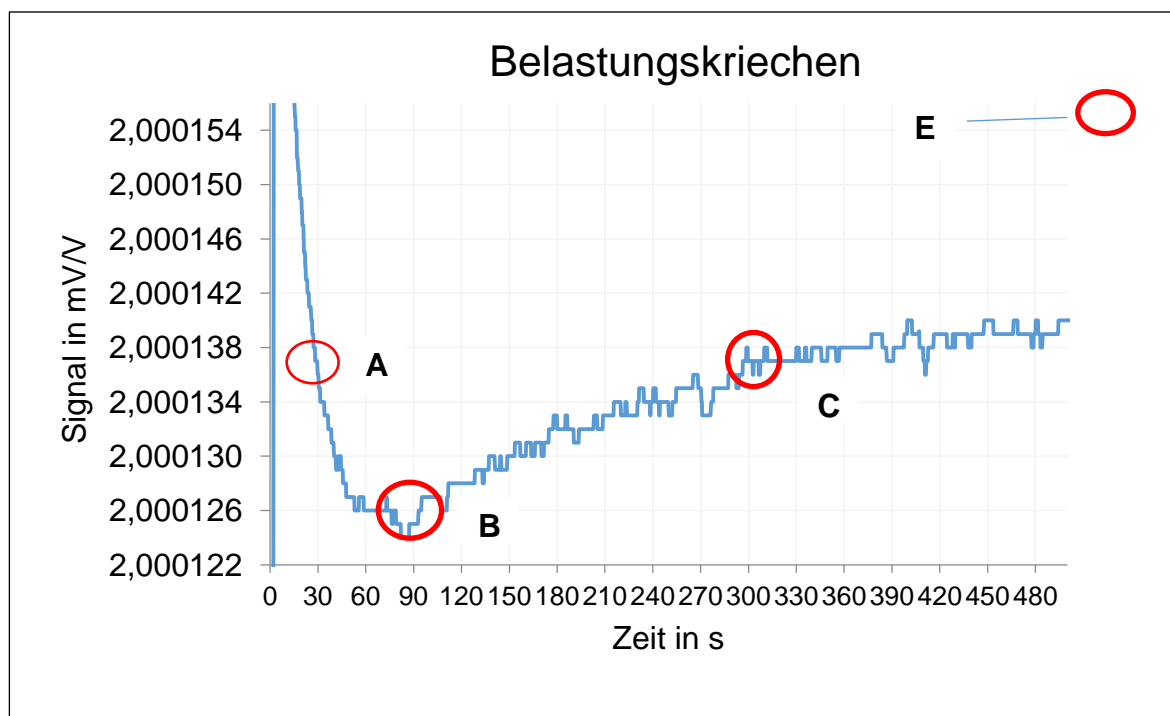


Abbildung 7: Kriechverhalten des Kraftaufnehmers unter Belastung

Das geringe Überschwingen des Signals entsteht im Zusammenspiel von Messverstärker, dem verwendeten Tiefpassfilter, der Belastungseinrichtung, d.h. dem Augenblick des Kraftschlusses und dem Übertragungsverhalten des Kraftaufnehmers. In dem hier dargestellten Fall beträgt das Überschwingen lediglich  $2,5 \cdot 10^{-5}$ , bezogen auf den Messwert. Die gewählte Zykluszeit ist ausreichend groß, so dass die transienten Vorgänge bis zum Zeitpunkt der Messwertnahme abgeklungen sind. Zum Zeitpunkt A wird üblicherweise gemäß ISO 376 der Messwert genommen. Bei B erfolgte die Messwertnahme in diesem Ringvergleich. Die bei A und C erfassten Messwerte werden für die Beurteilung des

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 15/31   |

Kriechverhaltens benötigt. Die Zeitskala des Diagramms endet bei ca. acht Minuten, daher liegt der Wert „E“, der nach ca. 20 Minuten registriert wurde, außerhalb des Diagramms. Die relativen Veränderungen zu Punkt A betragen:

|            |                      |
|------------|----------------------|
| In Punkt B | $-6,0 \cdot 10^{-6}$ |
| In Punkt C | $5,0 \cdot 10^{-7}$  |
| In Punkt E | $9,5 \cdot 10^{-6}$  |

Daraus lässt sich ableiten, dass Signaländerung dieses Kraftaufnehmers unter Belastung nur sehr gering ist.

Das Belastungsdiagramm in einer geregelten Anlage kann durchaus anders aussehen. Hier wird die Kraft stetig gesteigert, bis der Sollwert erreicht ist. Es gibt Anlagen, die dann in einen konstanten Regelbetrieb übergehen, andere Anlagen verringern die Anstiegsgeschwindigkeit, so dass eine Mittelwertbildung innerhalb eines Auslesefensters erfolgt. Es ist daher meist nicht erforderlich, und manchmal auch nicht möglich, weitere Wartezeiten einzuhalten, der oder die Messwerte können daher unmittelbar nach Erreichen des Sollwerts genommen werden.

## 10.2 Umläufe

Nach den Messungen in der PTB begann der erste Umlauf. Die Reihenfolge der Teilnehmer wurde weitgehend nach den Werten Messunsicherheit, der sogenannten CMC, festgelegt. Diese Werte sind den Anhängen zur Akkreditierungsurkunde der jeweiligen KBS zu entnehmen. Somit waren die KBS mit den kleinsten Werten der Messunsicherheit zuerst an der Reihe. Nach Beendigung eines jeden Umlaufs kam die Messkette zurück zur PTB. Insgesamt gab es 6 Umläufe.

## 11 Auswertungen

Alle beteiligten Kalibrierlaboratorien sendeten die Messprotokolle zum Pilotlabor zur Auswertung. Die Daten wurden für die Darstellung in diesem Bericht anonymisiert und mit zufällig erzeugten Zahlen nummeriert. Die Zahlen lassen keinen Rückschluss auf die Reihenfolge der Messungen zu. Allen beteiligten Laboratorien wurden die zugeordneten Nummerierungen mitgeteilt. Auf diese Weise kann jedes Labor seine Ergebnisse in diesem Bericht erkennen.

### 11.1 Langzeitdrift des Kraftaufnehmers

Zum Ende eines jeden Umlaufs wurde die Messkette wieder im Pilotlabor in der PTB messtechnisch untersucht. Mit diesen Kontrollmessungen wurde die Stabilität des Kraftaufnehmers überwacht. Aus den Differenzen der Signalwerte zum Ende und zu Beginn eines jeden Umlaufs konnte die Drift des Kraftaufnehmers ermittelt werden. Dementsprechend wurden die Referenzwerte analog zur Zeitskala korrigiert. Dabei wurde angenommen, dass sich die Empfindlichkeit zwischen zwei Kontrollwerten linear verändert.

In Abbildung 8 ist die Veränderung der Empfindlichkeit des Kraftaufnehmers dargestellt. Auffällig ist, dass die Empfindlichkeit während der ersten sechs Monate des Einsatzes relativ stark zunahm und danach weitgehend stabil blieb. Man kann daraus schließen, dass das fabrikneue Gerät zunächst „altern“ musste.

Die blauen Punkte im Diagramm stellen die Messergebnisse in der PTB während des Ringvergleichs dar. Die mit roten Punkten markierten Messungen wurden zur weiteren Information nach Abschluss des Ringvergleichs durchgeführt. Es bestätigte sich, dass die Empfindlichkeit des Kraftaufnehmers weitgehend stabil blieb.

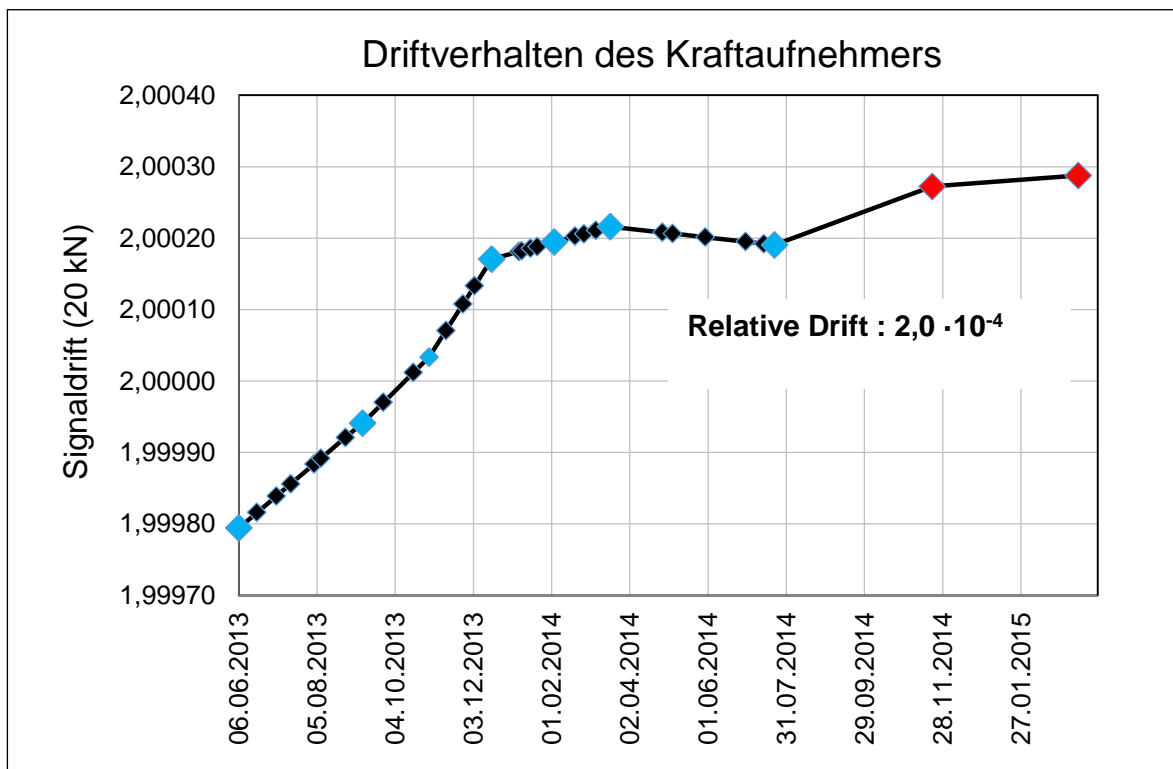
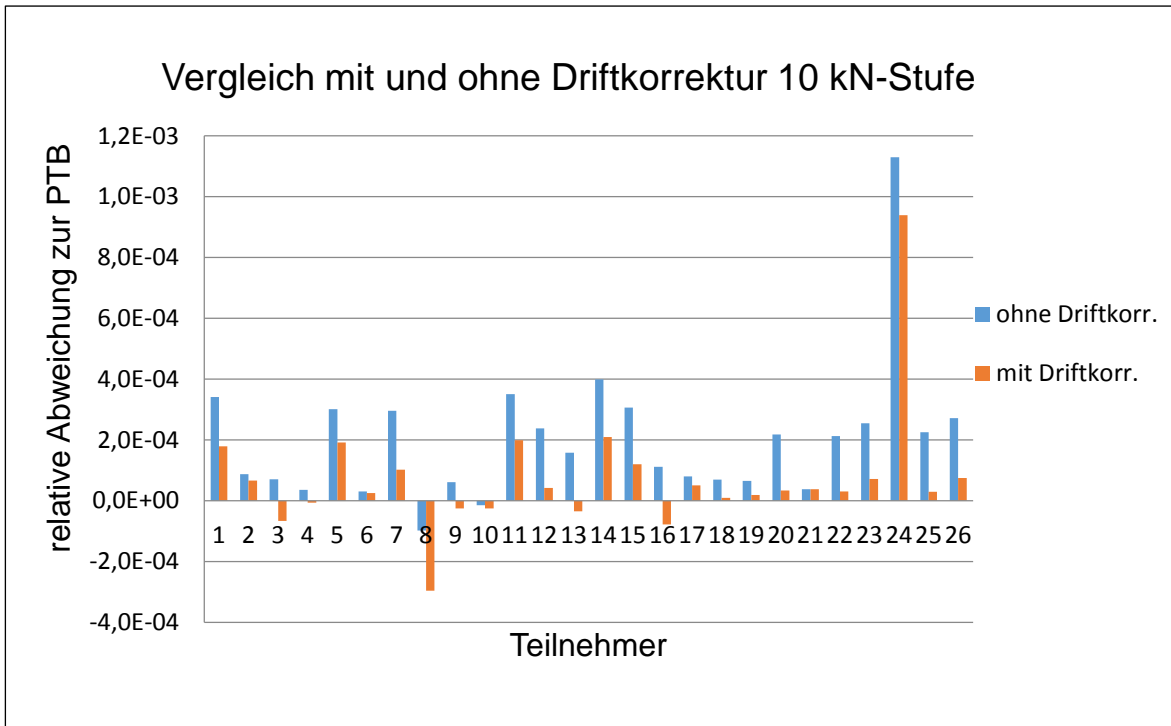


Abbildung 8: Driftverhalten des Kraftaufnehmers



## 11.2 Vergleich mit und ohne Driftkorrektur

Im nachstehender Abbildung 9 ist der Einfluss der Drift des Kraftaufnehmers dargestellt. Der Unterschied der relativen Abweichung zum Referenzlabor sieht zunächst nicht besonders auffällig aus. Werden jedoch die CMC-Werte der jeweiligen KBS, wie sie in der Anlage zur Akkreditierung beschrieben sind, berücksichtigt, so würden sich Resultate ergeben, wie sie weiter unten in Punkt 12.3 dargestellt sind. In den meisten Fällen verringert sich der Betrag der relativen Abweichung zum Referenzlabor, es gibt aber auch Fälle, bei denen die relative Abweichung zunimmt. Hier haben die Drift des TransfERNormals und die relative Abweichung der Kalibriereinrichtung des betreffenden Labors dasselbe Vorzeichen.



**Abbildung 9: Relative Abweichungen der Mittelwerte zur PTB mit und ohne Driftkorrektur**

### 11.3 Standardabweichung der Mittelwerte

Die zwei Messreihen in jeder der vier Einbaustellungen werden arithmetisch gemittelt. Aus diesen vier Werten werden der Gesamtmittelwert und die Standardabweichung errechnet.

$$X_i = \frac{X_{i_1} + X_{i_2}}{2}$$

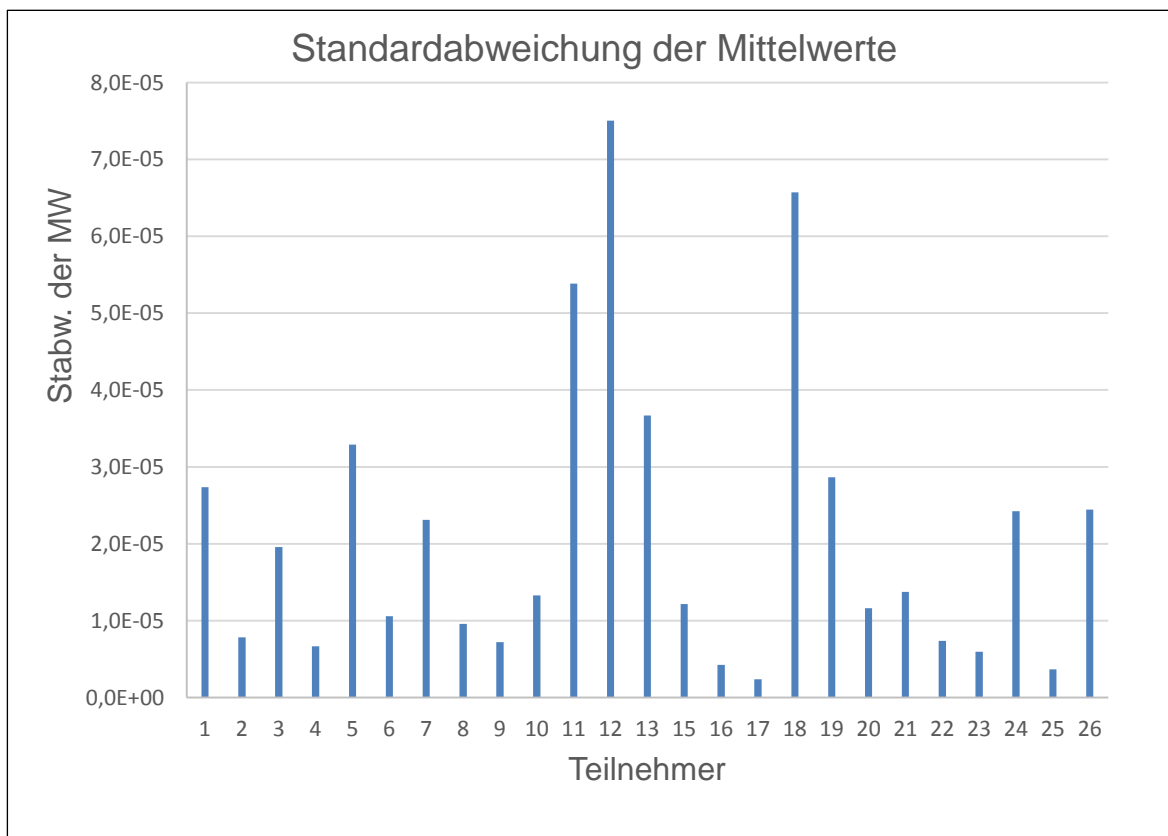
$$X_{MW} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^{270} X_i$$

mit  $i=0; 90,180$  und  $270$  (Grad Einbaustellung).

Die Standardabweichung des Mittelwerts wird dann wie folgt bestimmt:

$$w = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum \left( \frac{X_i - X_{MW}}{X_{MW}} \right)^2}$$

In Abbildung 10 sind die Standardabweichungen der Mittelwerte unter Berücksichtigung des Anteils des Messverstärkers, der geometrisch zur Standardabweichung addiert wird, dargestellt.

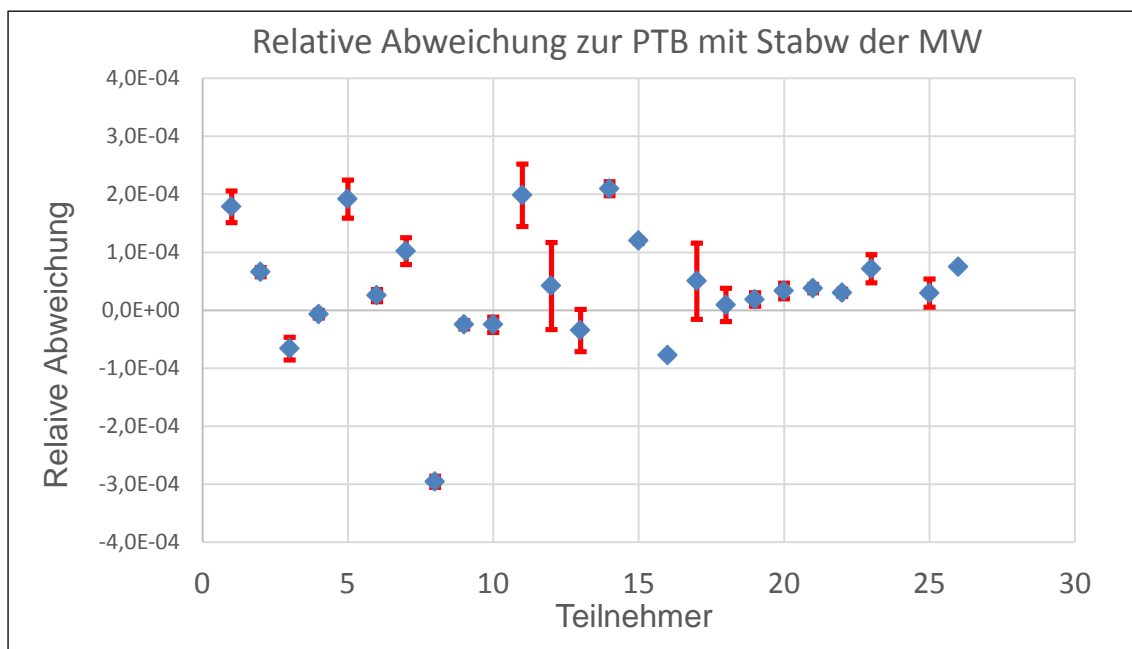


**Abbildung 10: Rel. Standardabweichung der Mittelwerte, incl. Anteil des Messverstärkers**

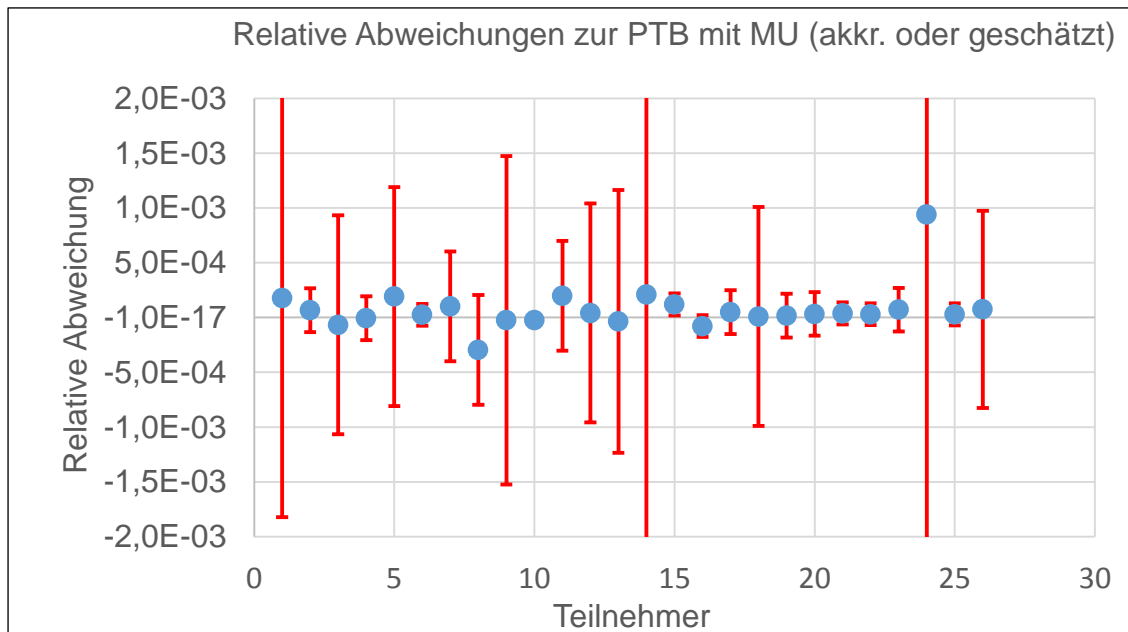
Hin und wieder wurde die Frage gestellt, ob die Standardabweichungen der Mittelwerte als CMC für Rückführungszwecke verwendet werden könnten, da diese meist recht kleinen Beträge recht verführerisch wirken. Selbstverständlich wäre das nicht regelkonform, denn die Verwendung der Messunsicherheitsbeträge ist klar geregelt, es dürfen keine Messunsicherheitsbeträge angegeben werden, als diejenigen, die im Anhang zur Akkreditierungs-urkunde genannt werden, die ehemals mit BMC und nunmehr mit CMC bezeichnet werden.

Diese Frage muss also klar verneint werden, wie die nachstehenden Diagramme in Abbildung 11 und Abbildung 12 deutlich erkennen lassen.

In Abbildung 11 stellen die blauen Punkte die relative Abweichung der Mittelwerte zum Referenzlabor, der PTB dar. Zusätzlich wurden so genannte Fehlerbalken hinzugefügt. Die Länge dieser Balken entspricht der Standardabweichung der Mittelwerte, wie sie in Abbildung 10 gezeigt wurden. Hier wird nun sichtbar, dass die Abweichung der Mittelwerte in den meisten Fällen so groß ist, dass die Fehlerbalken nicht die „Nulllinie“ überdecken. Nun wird deutlich, dass die jeweilige Kalibriereinrichtung zwar mit sehr guter Reproduzierbarkeit oder Wiederholbarkeit arbeitet, die relative Standardabweichung allein jedoch nicht die gesamte Messunsicherheit der Kalibriereinrichtung darstellt. Das kann verschiedene Gründe haben, die keineswegs immer ein fehlerhaftes Arbeiten der Kalibriereinrichtung bedeuten müssen. Bei so genannten Komparatoranlagen, zum Beispiel, driftet auch der in der Anlage verwendete Referenzkraftaufnehmer, so dass prinzipiell immer von einer mehr oder weniger großen Abweichung ausgegangen werden muss, wie das auch der Wert für die CMC beinhaltet. Sofern die akkreditierte Messunsicherheit die relative Abweichung der Mittelwerte sicher einschließt, kann daraus geschlossen werden, dass eine Kalibriereinrichtung ordnungsgemäß arbeitet.



**Abbildung 11: Rel. Abweichung der Mittelwerte, die Balken entsprechen der Standardabweichung der MW**



**Abbildung 12: Rel. Abweichung der Mittelwerte, die Balken entsprechen der kleinsten angebbaren MU**

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse des Ringvergleichs unter Berücksichtigung der in den jeweiligen Leistungsverzeichnissen genannten kleinsten angebbaren Messunsicherheiten, auch mit CMC bezeichnet. Die Skalierung der Ordinatenachse wurde zur besseren Darstellung oben und unten begrenzt, somit sind einige Fehlerbalken nicht in voller Länge erkennbar. Es wird deutlich, dass alle Teilnehmer, bis auf eine Ausnahme, die Nr. 15, mit mindestens einem Fehlerbalken die Nulllinie überdecken, was bedeutet, dass der  $E_n$ -Wert kleiner als 1 ist. Teilnehmer 15 wurde benachrichtigt, die Messung nochmals zu überprüfen. Die wiederholte Messung, es handelt sich um die Nr. 25, zeigte ein besseres Resultat. Die Ursache der Abweichung lag nach Aussage des Teilnehmers darin, dass die Zeit für die Akklimatisierung der Messkette vor der Messung nicht ausreichend lang war.

## 11.4 Ergänzende Betrachtungen

### 11.4.1 Einfluss der Umgebungstemperatur

Vereinbarungsgemäß soll die Umgebungstemperatur in Kraftlaboratorien in Deutschland bzw. in DKD-Laboratorien  $21^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  betragen. Die tatsächlichen Temperaturwerte, wie sie in den Messprotokollen angegeben wurden, sind in Abbildung 13 dargestellt.

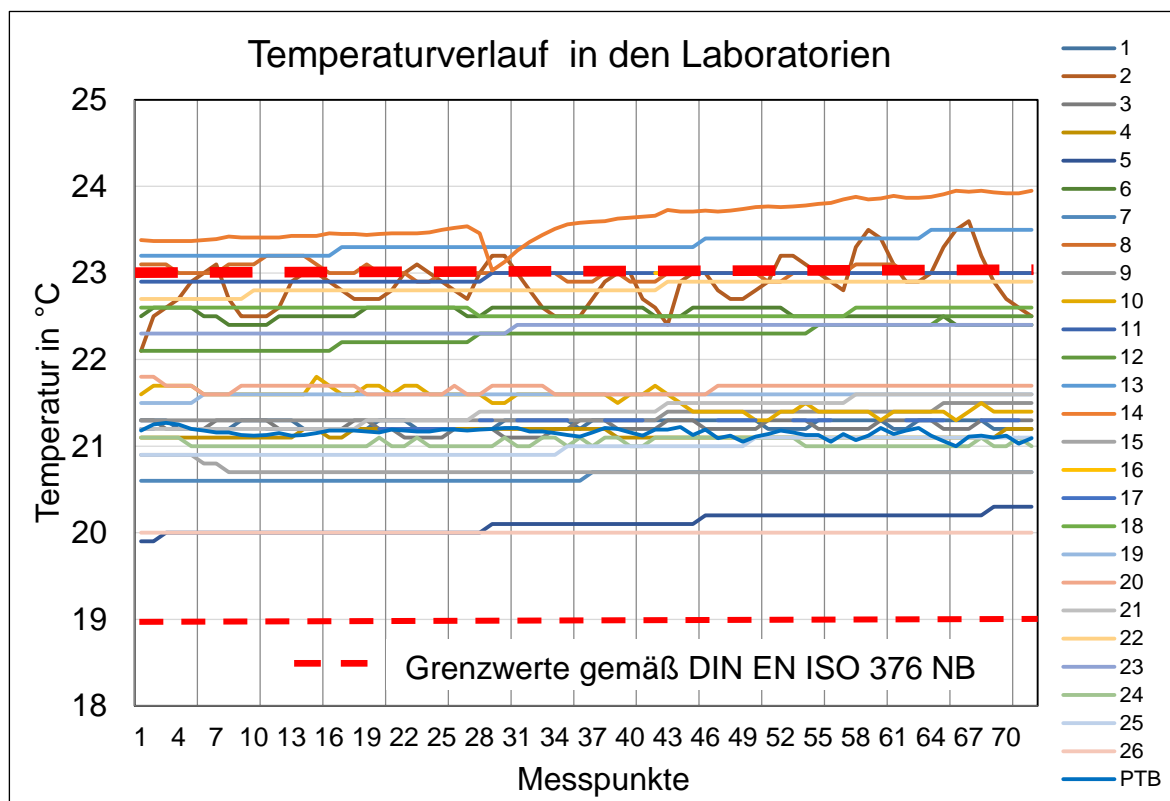


Abbildung 13: Umgebungstemperatur in den KBS

Die gestrichelten roten Linien bilden die untere und obere Grenze ab. Die obere Grenztemperatur von 23°C wird von drei Teilnehmern zeitweise oder während der gesamten Messzeit überschritten. Die DIN EN ISO 376 empfiehlt eine Umgebungstemperatur, die zwischen 18°C und 28°C liegen soll. Demnach liegen alle Teilnehmer im zwar im zulässigen Bereich der ISO, allerdings werden die Vereinbarungen des DKD, dokumentiert im NB 4 der DIN EN ISO 376, nicht erfüllt.

Eine weitere Bedingung lautet, dass die Temperatur während der Kalibrierung um nicht mehr als 1 K variieren soll.

In Abbildung 14 ist zu erkennen, dass die Umgebungstemperatur während der Kalibrierung in allen KBS mit nur einer Ausnahme (Nr. 2) den Anforderungen der DIN EN ISO 376 entsprochen hat. Hier arbeitet die Temperierung offensichtlich nicht ordnungsgemäß. Allerdings kann aus den in Kapitel 11.3 dargestellten Ergebnissen geschlossen werden, dass die tatsächlichen Umgebungsbedingungen die Ergebnisse nicht wesentlich beeinflusst haben.

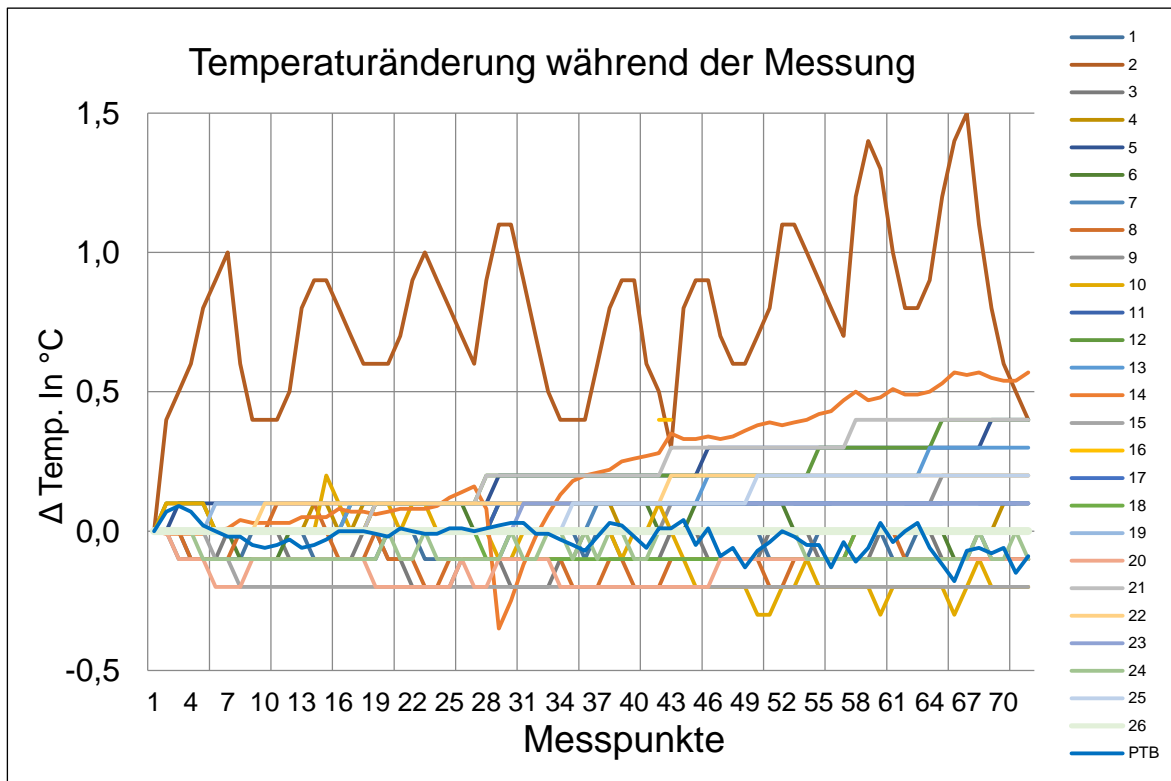


Abbildung 14: Temperaturänderung während der Kalibrierung

#### 11.4.2 Einfluss des Zeittaktes

Wie unter Kapitel 8 erwähnt, konnte die vorgegebene Zykluszeit von 90 Sekunden nicht in allen KBS exakt eingehalten werden. Unter genauer Einhaltung des Zeittaktes dauert eine Messung 1 Stunde und 48 Minuten. Die Mehrheit der teilnehmenden Laboratorien hat diese Zeit eingehalten oder nur geringfügig überschritten. In einigen Laboratorien dauerte die Messung jedoch erheblich länger. Hier wurden Messzeiten von mehr als 2½ Stunden bis nahezu 4 Stunden beobachtet. Glücklicherweise hat auch diese Abweichung von der regulären Messzeit keinen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis gehabt, was im Wesentlichen auf das relativ geringe Kriechen des Kraftaufnehmers zurückzuführen ist. In Abbildung 15 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur repräsentative Zeitverläufe dargestellt.

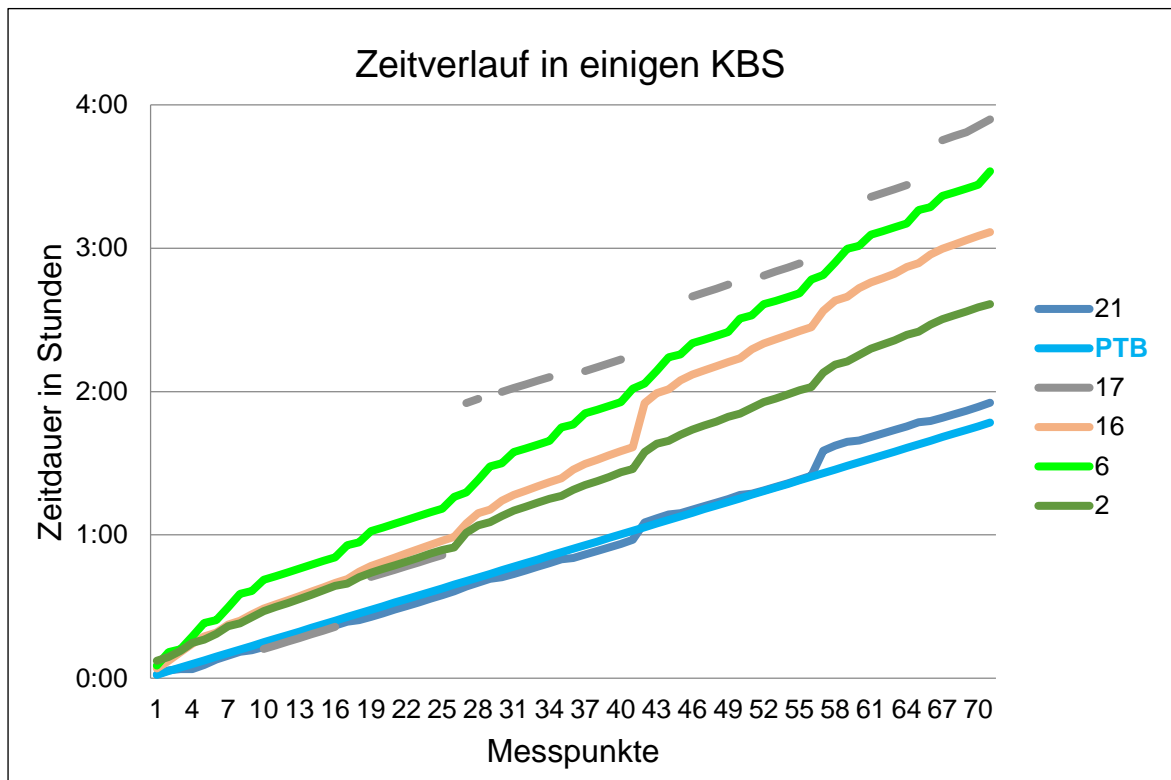


Abbildung 15: Dauer der Kalibrierung in Kalibrierlaboratorien (repräsentative Auswahl)

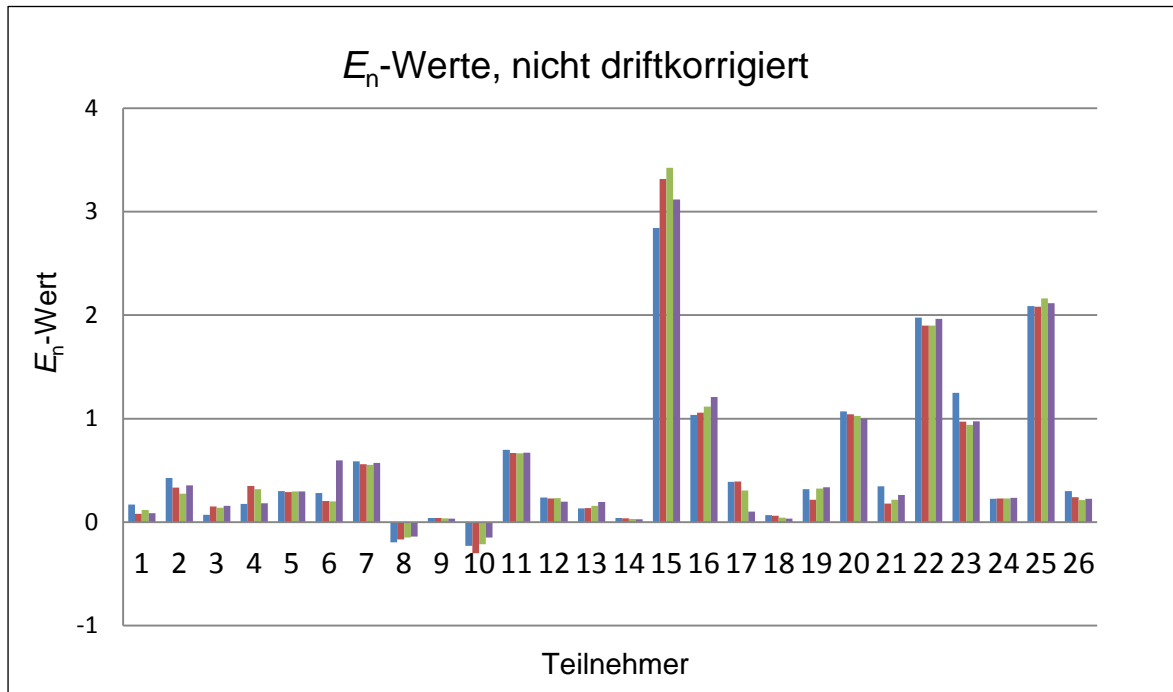
### 11.4.3 Ermittlung der $E_n$ -Werte

Eine bewährte Methode zur Beurteilung der Qualität eines Messergebnisses ist die Berechnung der normierten Abweichung  $E_n$  in Bezug auf die angegebene Messunsicherheit. Der  $E_n$ -Wert wird nach der Formel

$$|E_n| = \frac{X_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

berechnet, wobei in diesem Fall  $X_{lab}$  der arithmetische Mittelwert der Vergleichsmessung der KBS ist,  $X_{ref}$  ist der entsprechende Wert des Pilotlabors. Für  $U_{lab}$  sowie  $U_{ref}$  sind die CMC-Werte der jeweiligen KBS und des Pilotlabors einzusetzen. Bei korrekter Funktion der Kalibriereinrichtung und richtiger Handhabung der Kalibriergegenstände muss der absolute Wert von  $|E_n| < 1$  sein.

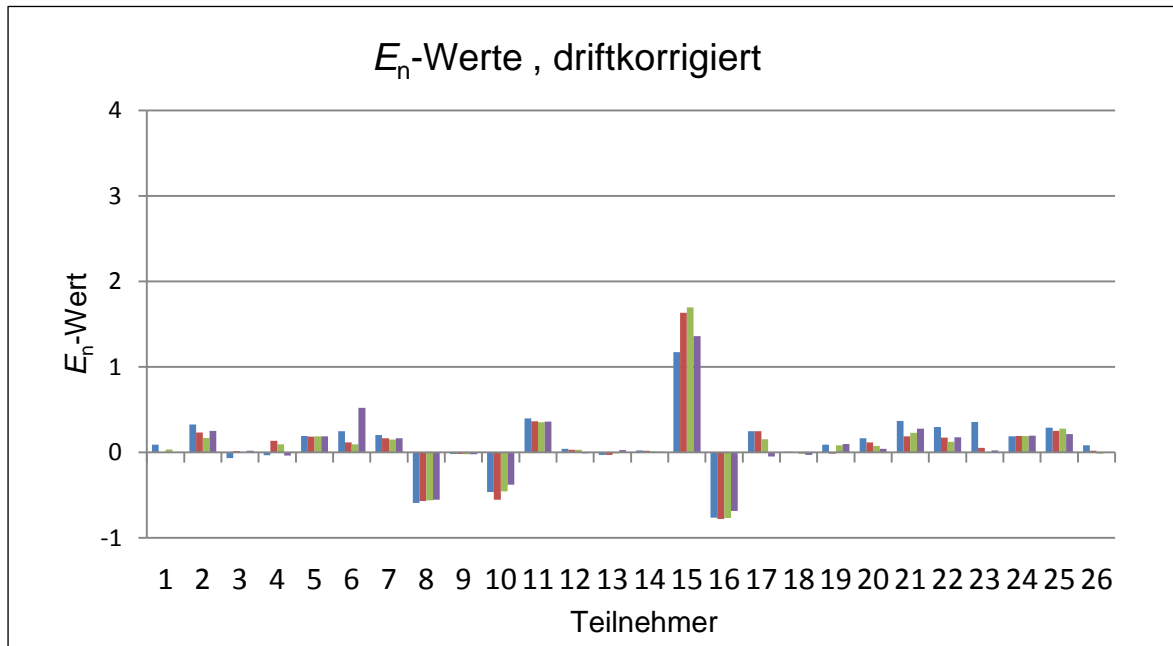
In den folgenden Diagrammen sind die  $E_n$ -Werte für alle gemessenen Kraftstufen dargestellt. Zunächst wird in Abbildung 16 und Abbildung 17 der Drifteinfluss gezeigt.



**Abbildung 16:  $E_n$ -Werte ohne Berücksichtigung der Drift des Transfornormals, alle Kraftstufen**

Ohne Berücksichtigung der Drift des Transfornormals wäre für 5 Teilnehmer (ohne Nr. 15) der  $E_n$ -Betrag größer als 1. Das würde bedeuten, dass diese Kalibriereinrichtungen nicht korrekt gearbeitet hätten oder die Handhabung fehlerhaft gewesen wäre. Somit wären Korrekturen erforderlich gewesen, um die in der Anlage zur Akkreditierungsurkunde genannten Leistungsangebote zu erfüllen.

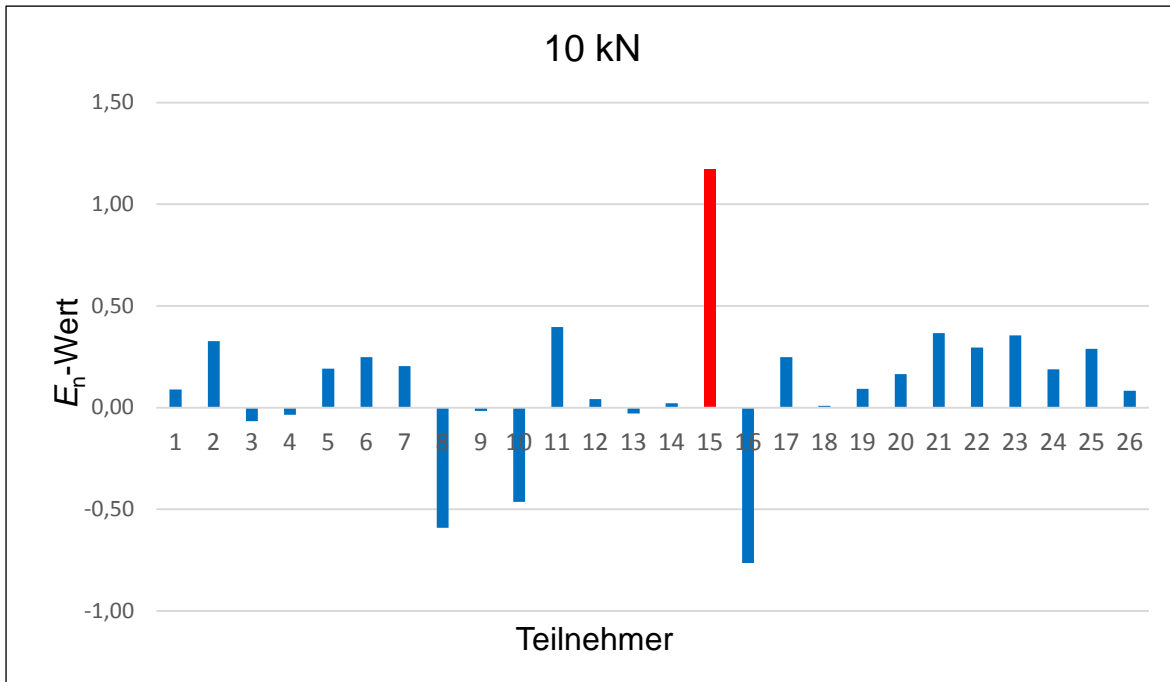




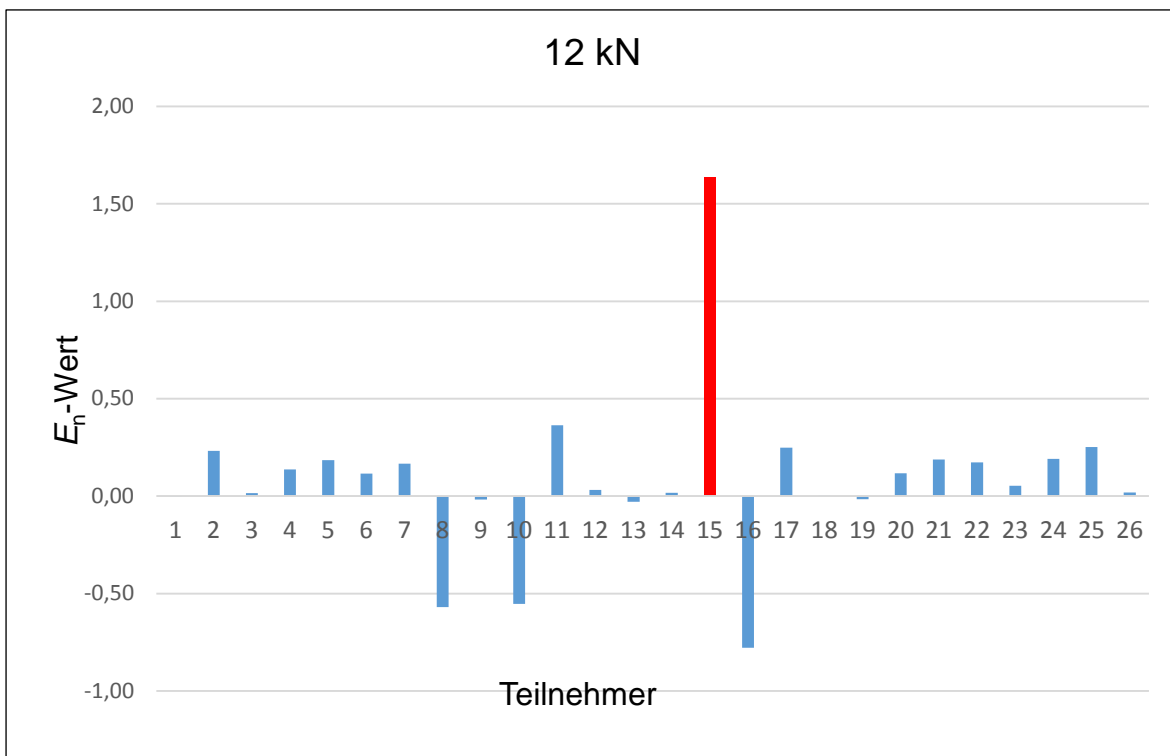
**Abbildung 17:  $E_n$ -Werte mit Berücksichtigung der Drift des Transfornormals, alle Kraftstufen**

In Abbildung 17 ist jedoch zu erkennen, dass die Kalibriereinrichtungen in allen beteiligten Kalibrierstellen ordnungsgemäß arbeiten und somit keine Korrekturen erforderlich sind.

In den nachstehenden Abbildungen sind die  $E_n$ -Werte aller gemessenen Kraftstufen dargestellt. Die nächsten Abbildungen zeigen die Ergebnisse für jede gemessene Kraftstufe getrennt, um die unterschiedlichen  $E_n$ -Werte deutlicher darzustellen.



**Abbildung 18: E<sub>n</sub>-Werte mit Berücksichtigung der Drift des TransfERNormals, 10 kN-Stufe**



**Abbildung 19: E<sub>n</sub>-Werte mit Berücksichtigung der Drift des TransfERNormals, 12 kN-Stufe**

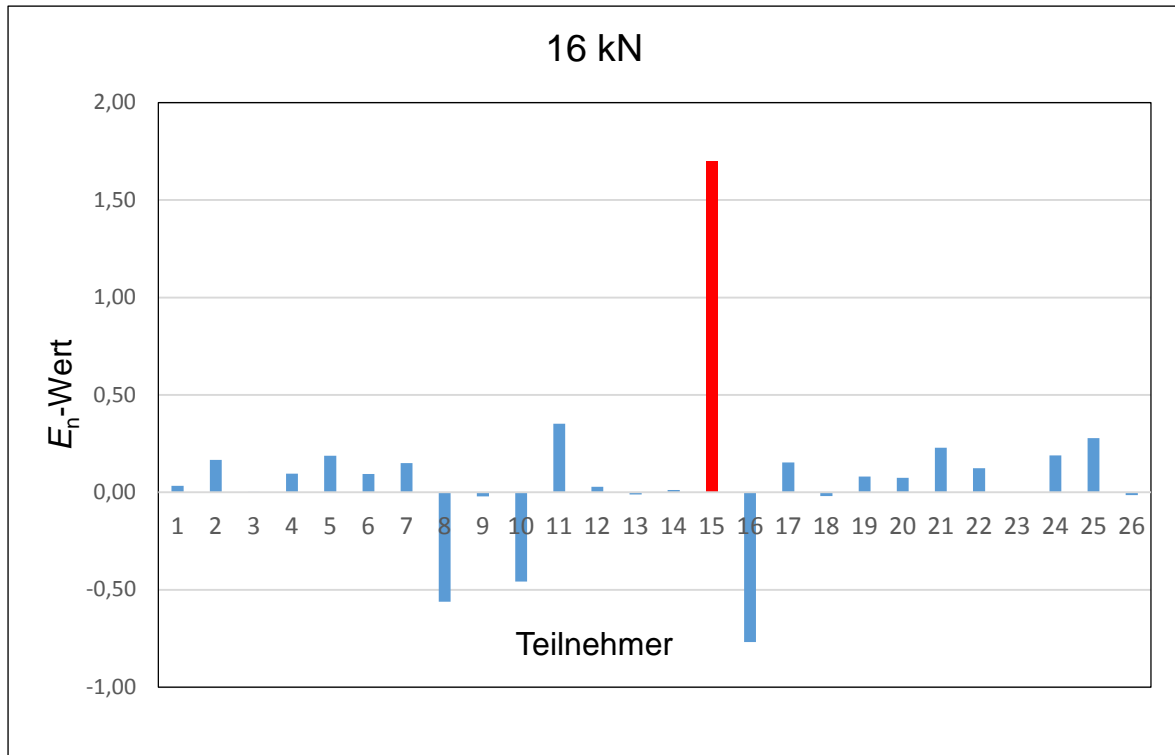


Abbildung 20:  $E_n$ -Werte mit Berücksichtigung der Drift des TransfERNormals, 16 kN-Stufe

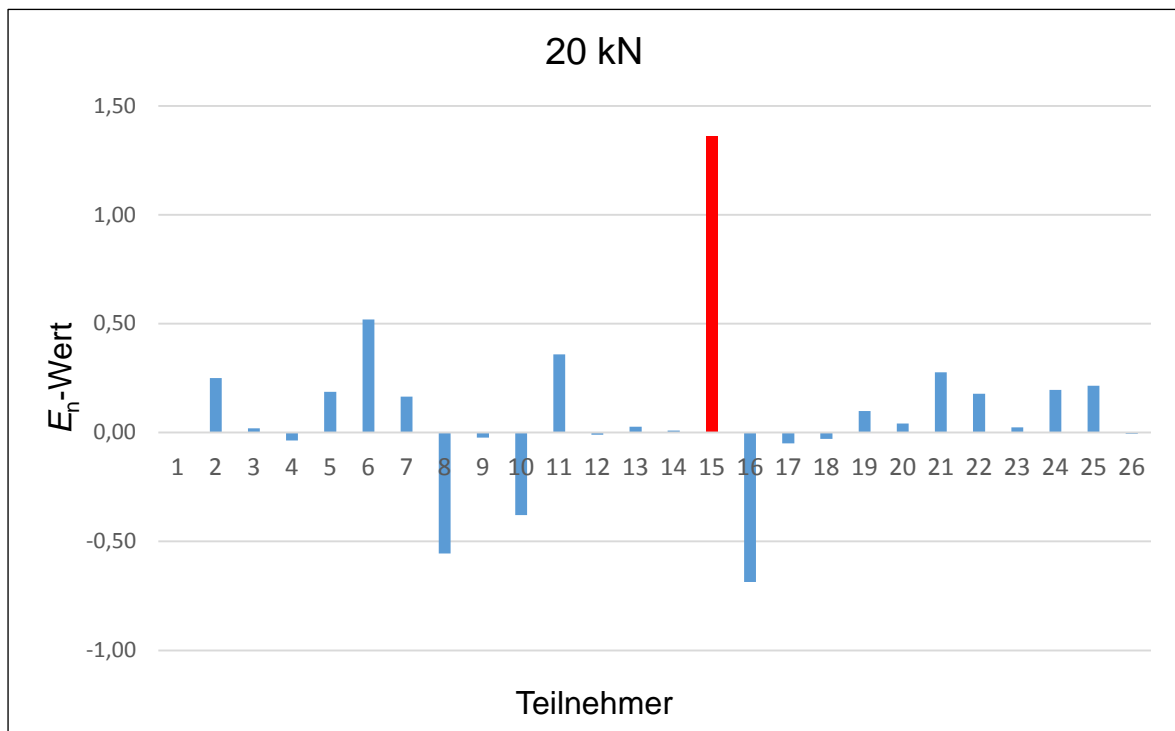


Abbildung 21:  $E_n$ -Werte mit Berücksichtigung der Drift des TransfERNormals, 20 kN-Stufe

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 28/31   |

## 12 Zusammenfassung

Im den Jahren 2013 und 2014 wurde vom DKD-Fachausschuss „Kraft und Beschleunigung“ ein 20 kN-Ringvergleich mit 23 Teilnehmern organisiert, an dem neben Kalibrierlaboratorien in Deutschland auch Labore aus Dänemark, Kroatien, Slowenien und Österreich teilnahmen.

Der gewählte Kraftbereich bis 20 kN ist für viele Industriezweige, insbesondere für die Automobilindustrie, ein relevanter Messbereich.

Die Rückführpolitik der DKD-Kalibrierlaboratorien der Messgröße Kraft basiert auf regelmäßigen bilateralen Vergleichsmessungen zwischen dem Kalibrierlaboratorium und der PTB, welche von den jeweiligen Laboratorien organisiert sind. Die Ergebnisse des Ringvergleichs zeigen, dass diese Rückführpolitik eine sichere Basis für die metrologische Infrastruktur der Messgröße Kraft in dem untersuchten Kraftbereich bietet.

Der Ringvergleich zeigte, dass für alle beteiligten Kalibrierlaboratorien ein  $E_n$ -Wert  $<1$  ermittelt werden konnte. Als einzige Ausnahme ist die Erstmessung des Labors Nr. 15 zu erwähnen, hier konnten die Ursachen jedoch geklärt werden. Diese Messung wurde bewusst im Bericht erwähnt, um zu veranschaulichen, wie sich nicht-regelgerechtes Verhalten auf das Messergebnis auswirken kann.

Interessant ist das Verhalten des verwendeten Kraft-TransfERNormals. Es handelt sich um einen fabrikneuen Kraftaufnehmer, der zu Beginn des Ringvergleichs relativ starke Veränderungen der Empfindlichkeit zeigte und erst zum Ende des Vergleichs und auch in der Zeit danach stabil blieb. Nur durch die Kontrollmessungen im PTB-Pilotlabor und die sich hieraus ermittelten Drift-Korrekturen konnte ein entsprechend genauer Vergleich der Messergebnisse stattfinden.

Abschließend eine Bemerkung zum Transportbehälter. Sowohl Kraftaufnehmer als auch Messverstärker wurden in den Standardverpackungen des Herstellers transportiert. Trotz sorgfältiger Handhabung war es nach insgesamt mehr als 13100 Transportkilometern nicht zu vermeiden, dass diese Behälter im Laufe der Zeit Auflösungserscheinungen zeigten. Obwohl alle Geräte ohne Beschädigungen blieben, sollten bei künftigen Ringvergleichen stabilere Koffer verwendet werden.

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 29/31   |

## 13 Referenzen

**DIN EN ISO 376** Metallische Werkstoffe Kalibrierung der Kraftmessgeräte für die Prüfung von Prüfmaschinen mit einachsiger Beanspruchung (ISO 376:2011); Deutsche Fassung EN ISO 376:2011

**DIN EN ISO/IEC 17025** Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005

**DIN EN ISO/IEC 17043** Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2010); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17043:2010

**EA-4/18 M:2018** Procedure for Regional Calibration ILCs in Support of the EA MLA

**ILAC-P9:06/2014** Policy for Participation in Proficiency Testing Activities

**DAkKS 71 SD 0 010** Einbeziehung von Eignungsprüfungen in die Akkreditierung

|   |  |           |         |
|---|--|-----------|---------|
|  | <b>Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem<br/>PTB-Anschlussmessverfahren für statische<br/>Kräfte von 10 kN bis 20 kN</b> | DKD-V 3.1 |         |
|   |  | Version:  | 03/2016 |
|   |  | Revision: | 0       |
|   |  | Seite:    | 30/31   |

## 14 Anhang - Teilnehmerliste

In nachstehender Tabelle sind alle Teilnehmer aufgelistet. Laboratorien, die nicht für die Messgröße „Kraft“ oder nicht DAkkS-akkreditiert sind, wurden besonders gekennzeichnet.

| Firma   | Ansprechpartner    | Adresse   |
|---------|--------------------|---|
| VW      | Dr. Heiko Müller   | EGNM/K Kalibrierung<br>Volkswagen AG<br>Brieffach 011/17820<br>38436 Wolfsburg  |
| AST     | Dr. Gerd Heinrich  | A.S.T. Angewandte System Technik<br>GmbH<br>Marschnerstraße 25<br>01287 Dresden   |
| MPA DA  | Michael Feldmann   | Staatliche Materialprüfanstalt Darmstadt<br>Institut für Werkstoffkunde Technische<br>Universität Darmstadt<br>Grafenstr. 2<br>64283 Darmstadt                    |
| MPA ST  | Siegfried Gerber   | MPA Uni Stuttgart<br>Pfaffenwaldring 32<br>70569 Stuttgart  |
| HBM     | Lioba Stenner      | Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH<br>Im Tiefen See 45<br>64293 Darmstadt   |
| BAM     | Michael Fischer    | BAM Bundesanstalt für<br>Materialforschung und –prüfung<br>Fachbereich 8.1: Sensorik, meß- und<br>prüftechnische Verfahren<br>Unter den Eichen 87<br>12205 Berlin |
| EAL     | Hans-Joachim Clauß | Staatsbetrieb für Mess- und Eichwesen<br>Eichamt Leipzig<br>Talstraße 11<br>04103 Leipzig   |
| GTM     | Daniel Schwind     | GTM GmbH<br>Philipp-Reis-Str. 6<br>64404 Bickenbach   |
| MPANRW  | Wilfried Bangert   | MPA Nordrhein-Westfalen<br>Marsbruchstraße 186<br>44287 Dortmund  |
| LIMS *) | Zeljko Alar        | FSB, UNI-Zagreb<br>I. Lucica 5<br>HR-10000 Zagreb   |
| ZAG *)  | Miha Hiti          | ZAG Ljubljana<br>Dimiceva 12<br>SLO-1000 Ljubljana  |
| Kistler | Petar Valov        | Kistler Automotive GmbH<br>Daimlerstr. 26<br>71101 Schönaich  |



**Bericht über den DKD-Ringvergleich nach dem  
PTB-Anschlussmessverfahren für statische  
Kräfte von 10 kN bis 20 kN**

DKD-V 3.1

Version: 03/2016

Revision: 0

Seite: 31/31

| Firma                        | Ansprechpartner                  | Adresse   |
|------------------------------|----------------------------------|---|
| Ford                         | Wigbert Kohl                     | Kalibrierlaboratorium MB 68<br>Ford Werke GmbH<br>Spessartstraße<br>50725 Köln  |
| DB                           | Torsten Endmann                  | DB Systemtechnik GmbH<br>Qualitätssicherung Prüfmittel Kalibrier-<br>und Prüfstelle<br>Emilienstraße 46<br>09132 Chemnitz |
| Testo                        | Eugen Sander                     | testo industrial services GmbH<br>Gewerbestr. 3<br>79199 Kirchzarten  |
| Force DK *)                  | Aykurt Altintas                  | FORCE Technology<br>Park Allé 345<br>DK-2605 Brøndby  |
| mg-sensor                    | Dr. Andreas Marroquin            | mg-sensor GmbH<br>Südring 15a<br>76473 Iffezheim  |
| EADS                         | Markus Boeck                     | EADS Deutschland GmbH Cassadian Air<br>Syst.<br>Rechlinerstraße<br>85077 Manching   |
| Trescal                      | Peter Paulmann                   | Trescal GmbH<br>Borsigstr. 11<br>64291 Darmstadt  |
| Saliger                      | Ramon Watermann                  | Saliger Gruppe GmbH<br>Am Wiesenbusch 4<br>45966 Gladbeck   |
| BVFS *)                      | Holger Biermann-Zandanell        | Bautechnische Versuchs- und<br>Forschungsanstalt<br>Alpenstr. 157<br>A-5020 Salzburg                                      |
| ESZ **)                      | Bertram Krotz                    | esz AG calibration & metrology<br>Max-Planck-Strasse 16<br>82223 Eichenau   |
| MPA-Kali-<br>brierdienst **) | Dipl.-Ing. (FH) Christian Häuser | MPA-Kalibrierdienst GmbH<br>Luxemburger Strasse 21<br>DE - 13353 Berlin   |

\*) Akkreditierung durch Akkreditierungsbehörde des jeweiligen Landes

\*\*\*) Die relative Messunsicherheit wurde vom Pilotlabor für diesen Ringvergleich geschätzt