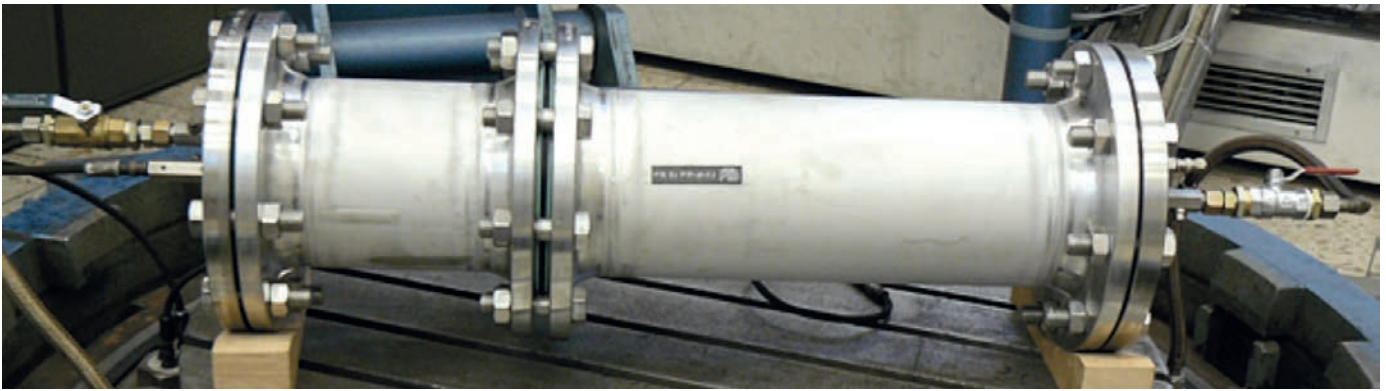


# INTERNATIONALES „PTB EX PROFICIENCY TESTING SCHEME“ FÜR VERGLEICHE ZWISCHEN EX-LABORATORIEN

VON UWE KLAUSMEYER, JIA WU, TIM KRAUSE, THOMAS HORN, ULRICH JOHANNSMEYER

Eine stetig steigende internationale Vernetzung der Industrie und ein Fortschreiten der wirtschaftlichen Verflechtungen haben auch im Bereich des Explosionsschutzes zur Folge, dass es immer notwendiger wird, einheitliche Systeme zur Konformitätsbewertung der im Explosionsschutz eingesetzten Geräte voranzutreiben und somit den Abbau von Handelshemmnissen zu fördern. Das IECEx-System ist ein weltweit einheitliches Prüf- und Zertifizierungssystem im Bereich des Explosionsschutzes, welches von einer Vielzahl von Ländern anerkannt ist und sich im stetigen Wachstum befindet. Auf der Grundlage von internationalen IEC-Normen werden Prüfungen durchgeführt und Zertifikate ausgestellt. Diese Zertifikate werden von den Teilnehmerländern teilweise oder vollständig anerkannt und ersparen den Herstellern von Ex-Geräten den Mehraufwand durch multiple Zulassungsverfahren. Dadurch ist in Zukunft nur noch ein einziges Zertifikat nötig, um das weltweite Inverkehrbringen der Produkte zu gewährleisten. Diese voran-

schreitende Harmonisierung der Konformitätsbewertung im Explosionsschutz kann nur funktionieren, wenn alle Beteiligten nach denselben Grundlagen arbeiten und eine vergleichbare Qualität liefern. Um dies zu gewährleisten, gibt es einerseits einheitliche Regeln in Form von IEC-Normen und nun zusätzlich die aktive Teilnahme an Vergleichsmessungen. Das „PTB Ex Proficiency Testing Scheme“ ist das erste allumfassende Ringvergleichsprogramm seiner Art im Explosionsschutz. Es dient als Kompetenznachweis und bietet den Prüflaboratorien ein komplettes System zur eigenen Leistungsbewertung.



**BILD 1**  
Test Sample „EP“

## 1 EINLEITUNG

Als ein Ergebnis des IECEx-Meetings in Denver 2007 wurde der Arbeitsgruppe ExTAG WG10 die Aufgabe erteilt, die Möglichkeiten zur Durchführung von Vergleichsmessungen in Form von Ringvergleichen im Explosionsschutz zu untersuchen. Als Folge dessen und der steigenden Bedeutung der Forderung, ein System zum Kompetenznachweis für Prüflaboratorien zu entwerfen, konnte der Vorsitzende der ExTAG WG10 im Jahre 2009 in Melbourne berichten, dass die PTB ein Projektteam gegründet hat, um sich dieser Sache aktiv anzunehmen. Im September 2009 begann das Projekt mit dem Namen „PTB Ex Proficiency Testing Scheme“, in welchem die PTB als Koordinator fungiert.

Die Pilotphase mit ausgewählten Messgrößen der Zündschutzarten Druckfeste Kapselung „d“ und Eigensicherheit „i“ wurde mit 44 teilnehmenden Laboratorien bis zum Juli 2012 erfolgreich abgeschlossen. Die ertragreichen Ergebnisse und die positive Resonanz der teilnehmenden Laboratorien führten zu dem Entschluss, das Ringvergleichsprojekt fortzusetzen und weiter auszubauen. Dazu werden in den Jahren 2013/2014 die neuen Programme „Temperaturklassenbestimmung“ und „Zünddurchschlag“ durchgeführt.

## 2 ZIELE UND ZWECK

In den letzten Jahren sind aufgrund der stetig voranschreitenden Globalisierung die Anforderungen an die Prüflaboratorien enorm gewachsen. Um diesem Anspruch gerecht zu werden und die vereinheitlichten Anforderungen einzuhalten, ist es für die Prüflaboratorien notwendig, ihre Kompetenz nachzuweisen. Die Norm ISO/IEC 17025 [1] fordert grundsätzlich, dass alle akkreditierten Laboratorien an Ringvergleichen teilnehmen sollen. Das „PTB Ex Proficiency Testing Scheme“ mit seinen verschiedenen Programmen ist nun ein wesentlicher Baustein zur Erfüllung dieser Forderung geworden.

Mit den praktischen Erfahrungen aus der Durchführung der einzelnen Programme wird das gesamte Ringvergleichsprojekt stetig weiterentwickelt und verbessert. Das Fernziel ist es, Schritt für Schritt eine Ausweitung auf alle Bereiche der Konformitätsbewertung im Rahmen des IECEx Systems zu erreichen.

Die Ergebnisse der Programme sind für alle Teilnehmer direkt von Nutzen, u.a. für:

- den Nachweis der Kompetenz für Kunden, Regulierer und Endverbraucher,
- das Erkennen und Vermeiden von Problemen in und zwischen den Laboratorien und das Einleiten von Verbesserungsmaßnahmen,
- das Ermitteln von Effektivität („Capability“) und Vergleichbarkeit der angewendeten Prüf- und Messverfahren,
- das Schaffen von zusätzlichem Vertrauen beim Kunden,
- das Vermeiden von Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Herstellern, die Kunden der Laboratorien sind und
- die weitere Förderung der Kultur des „Fair Play“.

## 3 PTB EX PROFICIENCY TESTING SCHEME

Im Rahmen des IECEx Systems werden auf internationaler Ebene in den Zündschutzarten Druckfeste Kapselung „d“ und Eigensicherheit „i“ ein großer Anteil von Prüfungen und Konformitätsbewertungen durchgeführt. Aus diesem Grund war es vorgesehen, unter anderem einen Ringvergleich für eben diese Zündschutzarten durchzuführen. Alle teilnehmenden Prüflaboratorien erfüllen die Anforderungen des Standards ISO/IEC 17025 [1], der die „allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ definiert. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für Homogenität und Stabilität des „Proficiency Testing Schemes“ im Rahmen des IECEx Systems gegeben. Die Gestaltung des gesamten Ringvergleichsprogramms berücksichtigt die Anforderungen der Norm ISO/IEC 17043 [2].

Es wird davon ausgegangen, dass für die Durchführung der einzelnen Programme das Routineverfahren des jeweiligen Prüflabors angewendet wird. Das Routineverfahren wird durch die Grundsatznorm der jeweiligen Zündschutzart beschrieben. Das heißt, für die Auswahl der zu vergleichenden Größen muss ebenfalls die Grundsatznorm der entsprechenden Zündschutzart zu Grunde gelegt werden, für „d“ der Standard IEC 60079-1 [3] und für „i“ der Standard IEC 60079-11 [4]. Ergänzende Rahmenbedingungen zur Durchführung der jeweiligen Programme werden durch den Koordinator in Form von Aufgabenbeschreibungen, den so genannten „Procedure Instructions“, vorgegeben.





**BILD 2**  
Kontaktanordnung des Funkenprüfgerätes  
nach IEC 60079-11



**BILD 3**  
Test Sample „SI“

**NR. TYP DES STROMKREISES**

1.	ohmsch
2.	ohmsch
3.	induktiv
4.	kapazitiv
5.	ohmsch – induktiv – kapazitiv
6.	ohmsch – induktiv – kapazitiv
7.	elektronische Strombegrenzung
8.	elektronische Strombegrenzung
9.	elektronische Strombegrenzung
10.	elektronische Strombegrenzung
11.	elektronische Strombegrenzung
12.	kapazitiv

**TABELLE 1**  
Stromkreisarten für das Testprogramm „Eigensicherheit“

3.1 Programm „Explosionsdruck“

Zur Bestimmung des Bezugsdrucks im Rahmen des Programms „Explosionsdruck“ wird vom Koordinator für jeden Teilnehmer ein Prüfgegenstand (Test Sample „EP“), bestehend aus zwei stählernen rohrförmigen Kammern verschiedener Länge, die beidseitig durch Flansche verschlossen werden, zur Verfügung gestellt (**BILD 1**). Um die Variationsmöglichkeiten der Konfiguration zu erhöhen, enthält das Test Sample eine Bohrung als Blende, die einen 15 mm großen Durchmesser hat. Die einfache Bauform gewährleistet Homogenität und Stabilität während der gesamten Durchführung. Weiterhin bietet die gewählte Bauform des Prüfkörpers günstige Fertigungs-, Präparations- und Transportmöglichkeiten. Zur Sicherung der Vergleichbarkeit wurden alle Prüfkörper durch die PTB vorpräpariert, um eine einheitliche Lage der Prüfbohrungen vorzugeben. Von den Teilnehmern wurden gegebenenfalls noch anpassende Präparationen vorgenommen.

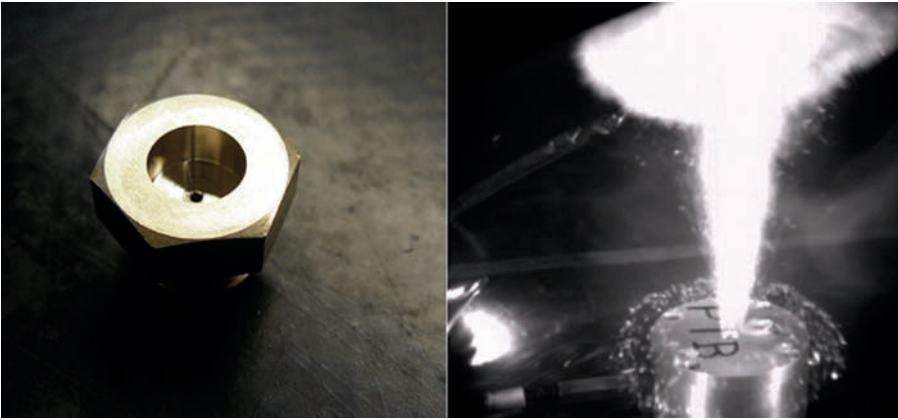
Der Bezugsdruck wird jeweils für die einzelnen Kammern sowie für die Kombinationen der Kammern mit Blende und zwei nach IEC 60079-1 [3] ausgewählten Gas-Luft-Gemischen bestimmt. Ausgehend von vier Konfigurationen des Test Sample „EP“ sowie von zwei unterschiedlichen Gasgemischen und jeweils fünf Zündungen, ergibt sich für die Realisierung des Programms für jeden Teilnehmer ein Gesamtaufwand von 40 Explosionsversuchen, einschließlich der Druckmessungen. Bei allen durchgeführten Messungen sind die in der oben genannten Norm sowie allgemein in der ISO/IEC 17025 [1] festgelegten Anforderungen einzuhalten.

3.2 Programm „Eigensicherheit“

Im Programm „Eigensicherheit“ wird die Zündfähigkeit von zwölf verschiedenen Stromkreisen (**TABELLE 1**) durch Zündversuche mittels des genormten Funkenprüfgerätes nach IEC 60079-11 (**BILD 2**) [4] verglichen. Es ist zu beachten, dass hierbei als Ergebnis keine physikalische Messgröße entsteht, sondern eine Aussage zur Zündfähigkeit des jeweiligen Stromkreises als Ergebnis eines Experimentes.

Einige der Versuchsstromkreise wurden der IEC 60079-11 entnommen, weiterhin wurden auch Stromkreise in den Vergleich aufgenommen, die gemischte Reaktanzen enthalten und dadurch ein dynamisches Verhalten aufweisen. Den teilnehmenden Prüfstellen waren die Eigenschaften der zu prüfenden Stromkreise nicht bekannt, um die objektive Durchführung und Homogenität der Tests zu gewährleisten und subjektive Einflüsse hinsichtlich der Testergebnisse auszuschließen. Es wurde mit einem Gemisch mit einem Volumenanteil von 21% Wasserstoff in Luft gearbeitet.

Für jeden Stromkreis wurde die Anzahl der Kontaktgaben (engl.: number of contacts) bis zum Eintritt einer Zündung ermittelt, und dieser Versuch wurde dann jeweils 20 mal wiederholt. Für jeden Versuchsstromkreis wurde für jeden Teilnehmer als Ergebnis der arithmetische Mittelwert aus den Stichprobenwerten ermittelt. Um einen Vergleich der Ergebnisse zwischen den einzelnen Teilnehmern zu ermöglichen, wurde ein „Referenzwert“ – genauer der sogenannte zugewiesene Wert (engl.: assigned value) – benötigt. Da die Stichprobenwerte des Experimentes mit dem Funkenprüfgerät nicht aus einer normalverteilten Grundgesamtheit



**BILD 4**  
Düse des Test Sample „FT“

stammen, konnten die in [5] vorgeschlagenen robusten Algorithmen zur Ermittlung des zugewiesenen Wertes nicht angewendet werden. Im ersten Ansatz wurden deshalb die Stichprobenwerte aller Teilnehmer eines Stromkreistypen zur arithmetischen Mittelung herangezogen [6]. Hier flossen alle Teilnehmerergebnisse gleichberechtigt (mit identischer Gewichtung) in die Berechnung der versuchsstromkreisspezifischen zugewiesenen Werte ein.

Quantitativ fand ein Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer über Leistungskenngrößen statt. Eine einfach nachvollziehbare Leistungskenngröße stellt die Differenz zwischen Teilnehmerergebnis und dem zugewiesenen Wert dar. Der Quotient aus dieser Differenz und dem zugewiesenen Wert wird als relative Differenz (engl.: percentage difference) bezeichnet [5]. Da diese Abweichungskomponente keinen absoluten Charakter besitzt, ist mit ihr ein Vergleich der Leistungskenngrößen über die verschieden Stromkreise hinweg möglich.

### 3.3 Programm „Zünddurchschlag“

Für das Programm „Zünddurchschlag“ wird das allgemeine Prüfverfahren in der Norm der Zündschutzart druckfeste Kapselung „d“, IEC 60079-1 [3], beschrieben. Ein wesentliches Merkmal für die Prüfung und Bewertung der Sicherheit ist das Experiment für Zünddurchschlag, der ein entscheidendes Kriterium für die konstruktive Gestaltung von „d“-Produkten ist. Aus diesem Grund ist das Zünddurchschlagsverhalten das Merkmal, welches im Programm als zu vergleichende Größe ausgewählt wurde.

Das Test Sample „FT“ besteht aus zwei stählernen rohrförmigen Kammern verschiedener Länge, identisch zum Test Sample „EP“ aus dem Programm „Explosionsdruck“. Zusätzlich besteht es aus einem weiteren präparierten Flansch und drei unterschiedlichen Düsen.

Um die Vergleichbarkeit und Homogenität zu gewährleisten, werden alle Test-Samples „FT“ vollständig durch den Koordinator entwickelt und hergestellt (**BILD 4**).

Das Zünddurchschlagsverhalten wird für drei Düsen verschiedener Geometrie bei einem Gasgemisch der entsprechenden Norm IEC 60079-1 [3] durchgeführt. Dabei wird beobachtet, ob bei einer Zündung in Kammer A ein Zünddurchschlag über die jeweilige Düse in Kammer B auftritt.

### 3.4 Programm

#### „Temperaturklassenbestimmung“

Im Programm „Temperaturklassenbestimmung“ ist die Temperatur der heißesten Stelle (maximale Oberflächentemperatur) ein entscheidendes Kriterium für die Prüfung und Bewertung der Sicherheit im Explosionsschutz für elektrische Geräte. Aus diesem Grund wurde die maximale Oberflächentemperatur als zu vergleichende Messgröße für das Programm ausgewählt, da es sich um die in der Praxis am häufigsten auftretende Zündquelle handelt.

Das Test Sample „TC“ besteht aus einem Heizblock aus Stahl mit vier Heizpatronen sowie drei verschiedenen Oberflächenwerkstoffen, aus Kupfer, Kunststoff (Polycarbonat) und Glas. Durch die vier Heizpatronen wird das Test Sample „TC“ erhitzt, bis der thermische Beharrungszustand des Systems erreicht ist. Im Programm entspricht die maximale Oberflächentemperatur der Endtemperatur der Oberflächen. Die Endtemperatur gilt als erreicht, wenn eine Temperaturzunahme von max. 2 K/h nicht überschritten ist.

Ist die Endtemperatur erreicht, soll die Temperatur an den heißesten Punkten der präparierten Oberflächen bestimmt werden. Ein weiterer Teil des Programms besteht aus der Aufgabe, den so genannten „Hotspot“, also den heißesten Punkt auf dem Prüfmuster, zu finden. Um die Homogenität der Prüfmuster zu gewährleisten, findet die Entwicklung, Fertigung und Kontrolle der Prüfmuster beim Koordinator statt.





**BILD 5**  
Test Sample „TC“

## 4 ERGEBNIS

### 4.1 Testrunde „d“

Ein interessantes Ergebnis des „Proficiency Testing Scheme“ ist die Analyse und Auswertung des Programms „Explosionsdruck“. Aufgabe war es, eine durch den Standard IEC 60079-1 [3] vordefinierte Explosionsdruckmessung mit vom Provider vordefinierten identischen Prüfmustern und Bedingungen durchzuführen. Durch die für alle Laboratorien gleiche Messaufgabe sollte herausgefunden werden, ob die am Ringvergleich teilnehmenden Laboratorien zu annähernd gleichen Ergebnissen kommen.

Nach der Analyse und Auswertung der übermittelten Ergebnisse ergaben sich für verschiedene Konfigurationen mehr oder weniger signifikante Unterschiede bei der Bestimmung der Bezugsdrücke. Da man den „wahren Wert“ nicht kennt, wurde der Referenzwert als robuster Mittelwert nach ISO 13528 [5] aus den Ergebnissen aller Teilnehmer berechnet.

Die Durchführung des Programms war in zwei Phasen aufgeteilt. Nach der ersten Durchführung der Tests und anschließender Auswertung bekamen die Laboratorien die Möglichkeit, die Tests zu wiederholen. In dieser Wiederholungsphase stand der Koordinator den Laboratorien für eine individuelle fachliche Beratung zur Verfügung.

Die grafische Darstellung der Ergebnisse liefert einen guten Überblick über die Verteilung der Ergebnisse im Vergleich zum Referenzwert. Als Beispiel sind in **BILD 6** die Ergebnisse für eine Konfiguration ohne Blende mit einem Äthylen-Luft-Gemisch aufgeführt: Vergleicht man die Verteilung der Ergebnisse der ersten Phase (**BILD 6**) mit den Ergebnissen der zweiten Phase (**BILD 7**) fällt auf, dass die Streuung der Laborergebnisse untereinander erheblich geringer wurde. Die Standardabweichung des Referenzwertes verringerte sich von Phase 1 zu Phase 2 um 22 %. Dieser Trend war bei den anderen Konfigurationen ebenfalls erkennbar.

### 4.1 Testrunde „i“

Im Folgenden soll ein Einblick in die Ergebnisse der ersten Testrunde „i“ vermittelt werden.

In der deskriptiven Statistik wird eine Stichprobe anhand von statistischen Kenngrößen charakterisiert. Um einen Vergleich der beschreibenden Parameter verschiedener Stichproben zu ermöglichen, bot es sich an, diese gemeinsam in einem Box-Plot darzustellen.

**BILD 8** zeigt beispielhaft die Streuparameter (z.B. Spannweite, Interquartilsabstand) und die Lageparameter (arithmetischer Mittelwert, Median) der Stichprobe eines jeden Teilnehmers für Stromkreisnummer 1.

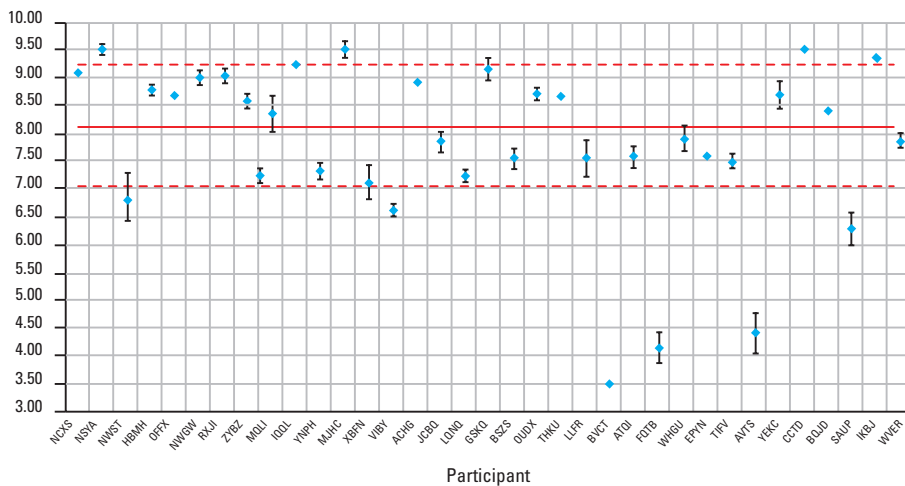
Zunächst ist eine mit der allgemeinen Messtechnik nicht zu vergleichende breite Streuung der Werte erkennbar. Dieses Merkmal ist für alle Stichproben der Testrunde „i“ repräsentativ. Des Weiteren fiel die Verteilung der Stichprobenwerte bei allen Teilnehmern für jeden Stromkreis nicht symmetrisch aus. Die relative Standardabweichung (Variationskoeffizient) als dimensionsloses Streuungsmaß schwankte unter Berücksichtigung aller Stromkreise und Teilnehmer um den Wert 1.

**BILD 9** zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Teilnehmer in Relation zu dem für diesen Stromkreis ermittelten zugewiesenen Wert und dessen Standardabweichung. Grundsätzlich waren für jeden Stromkreis einige „Ausreißer“ in Richtung höherer Kontaktgabenanzahlen zu verzeichnen.

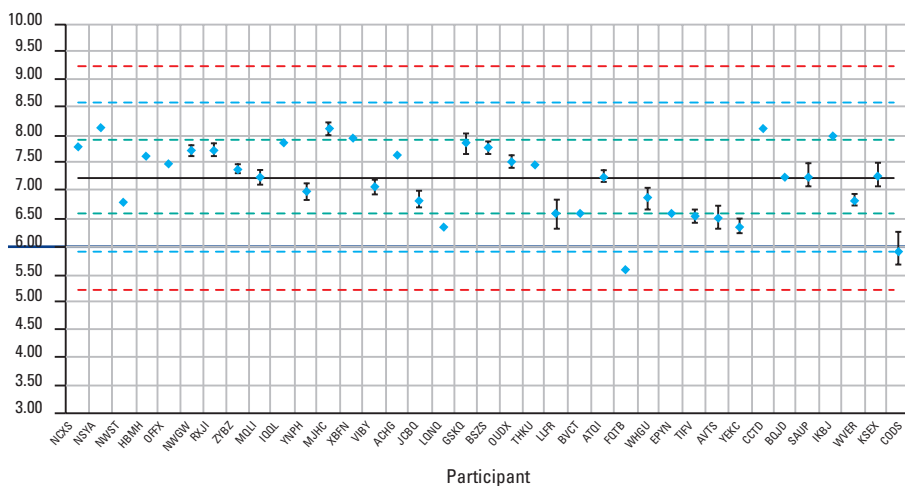
Die Leistungskenngröße in Form der relativen Differenz zeigte beispielsweise für Stromkreisnummer 1 eine relative Abweichung vom zugewiesenen Wert von bis zu +210 % (Bild 10). Unter Einbeziehung aller Versuchsstromkreise konnten maximale Abweichungen von bis zu +495 % beobachtet werden.

Eine große Abweichung des Ergebnisses eines Teilnehmers vom zugewiesenen Wert impliziert jedoch nicht gleiches Verhalten für alle Stromkreise. Eine Korrelation zwischen einer teilnehmerspezifischen Ergebnisabweichung und einem bestimmten Stromkreistypen ließ sich ebenfalls nicht identifizieren.

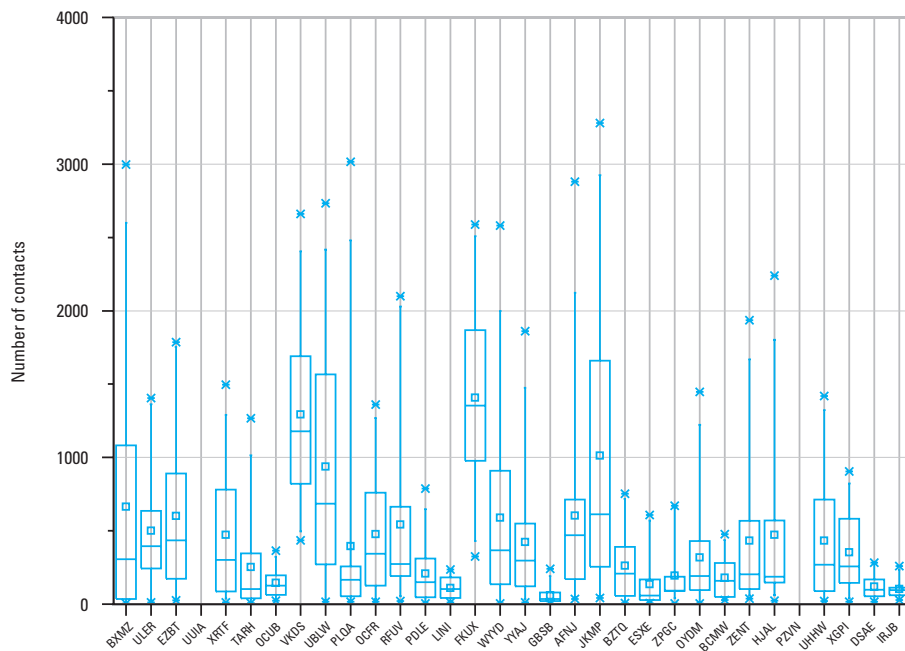




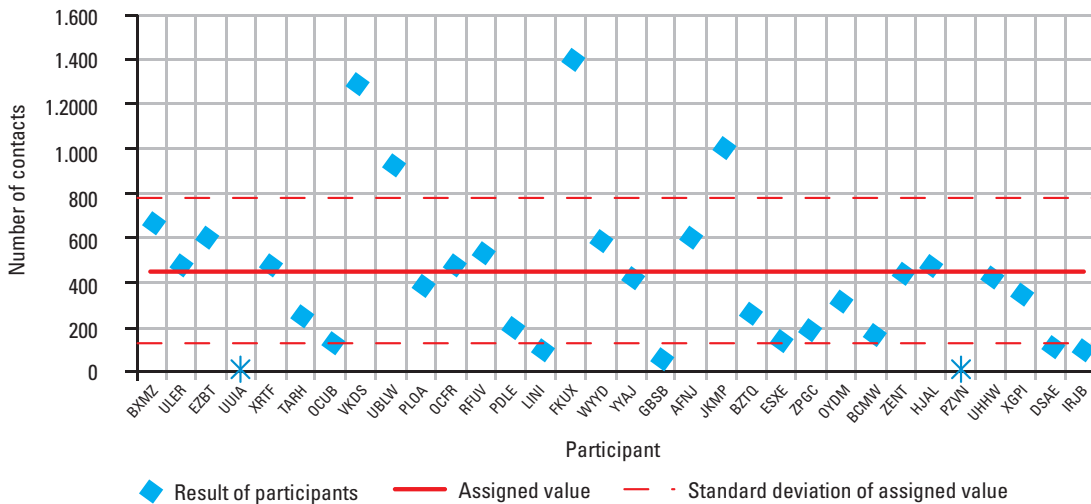
**BILD 6**  
Ergebnisse der Vergleichsmessung für eine Konfiguration ohne Blende mit einem Äthylen-Luft-Gemisch für Phase 1



**BILD 7**  
Ergebnisse der Vergleichsmessung für eine Konfiguration ohne Blende mit einem Äthylen-Luft-Gemisch für Phase 2



**BILD 8**  
Box-Plots der Stichproben der 32 Teilnehmer für Stromkreisnummer 1 (die Teilnehmerbezeichnungen auf der Abszisse sind verschlüsselt; Antennen: 5%- und 95%-Quantil; Kreuz: Max. bzw. Min.; kleines Quadrat: arithm. Mittelwert)



**BILD 9**  
**Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer für Stromkreis Nummer 1 (Teilnehmer UIUA und PZVN lieferten keine verwertbaren Ergebnisse)**

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisabweichungen zwischen den Teilnehmern und die Abweichungen innerhalb einer Stichprobe eines Teilnehmers sind teilweise der Versuchsmethode geschuldet. Bei Versuchen mit dem Funkenprüfgerät kann beispielsweise das messtechnische Gebot der Einhaltung exakt identischer Anfangsbedingungen für jeden Einzelversuch nicht umgesetzt werden. Auch während des Versuches können sich die Bedingungen ändern. Größen, wie beispielsweise die Beschaffenheit bzw. der Zustand der Elektroden, Gaszusammensetzung, Feuchte als auch elektrische parasitäre Effekte wirken sich auf den Zündprozess aus. Die auf diesem Gebiet verfassten Studien konnten die Einflussgrößen bisher nicht umfassend quantifizieren, was die Vorgabe von Regeln zur Reduzierung der Streuungsmaße erschwert.

Die signifikant breite Streuung der Ergebnisse in der aktuellen Ausprägung wird jedoch nicht als sicherheitskritisch beurteilt. Die Zündprüfung zur Beurteilung der Eigensicherheit mit dem Funkenprüfgerät erfolgt unter Annahme von zahlreichen „worst case“-Bedingungen, welche in der Praxis nicht zugleich anzutreffen sind. Aus den Ergebnisabweichungen zwischen den verschiedenen Prüflaboren können sich jedoch Verzerrungen ökonomischer Art ergeben, die es zu nivellieren gilt.

Die Auswertung der Pilotphase des Ringvergleichs zwischen internationalen Prüflaboratorien hat gezeigt, dass es trotz einheitlich verwendeter Normen und vordefinierter Randbedingungen seitens des Vergleichsprogramms zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Bestimmung der Vergleichsgrößen kommt. Ein wesentlicher Teil des „Proficiency Testing Scheme“ besteht deshalb aus der Interpretation der Ergebnisse und der anschließend intensiven Diskussionen über die Messmethodik, unter anderem in Workshops. Gemeinsam mit den teilnehmenden Laboratorien werden Maßnahmen und Hinweise festgelegt, welche nach Abschluss der Vergleichsprogramme als so genannte „Best Practice Paper“ veröffentlicht werden und als ergänzende Anleitungen zu den Normenanforderungen gesehen werden können.

Die einzelnen Programme werden zyklisch wiederholt, um dadurch langfristig eine Verbesserung der Qualität für alle Beteiligten zu erreichen. Die PTB als nationales deutsches Metrologieinstitut wird sich dauerhaft für die wissenschaftliche Begleitung verantwortlich zeigen, insbesondere für die Entwicklung der Vergleichsverfahren, ihre Methodik und Auswertungsalgorithmen. Weiter ist geplant, zu den Messgrößen auch Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit an individuellen Messaufbauten zu entwickeln. Im Mittel sollen alle zwei Jahre zwei neue Vergleichsverfahren entwickelt werden, bis eine vollständige Überdeckung aller relevanten Prüfverfahren erreicht ist.

Nachdruck  
 aus dem 13. BAM-PTB-Kolloquium  
 vom 18.-19. Juni 2013 in Braunschweig



### AUTOREN

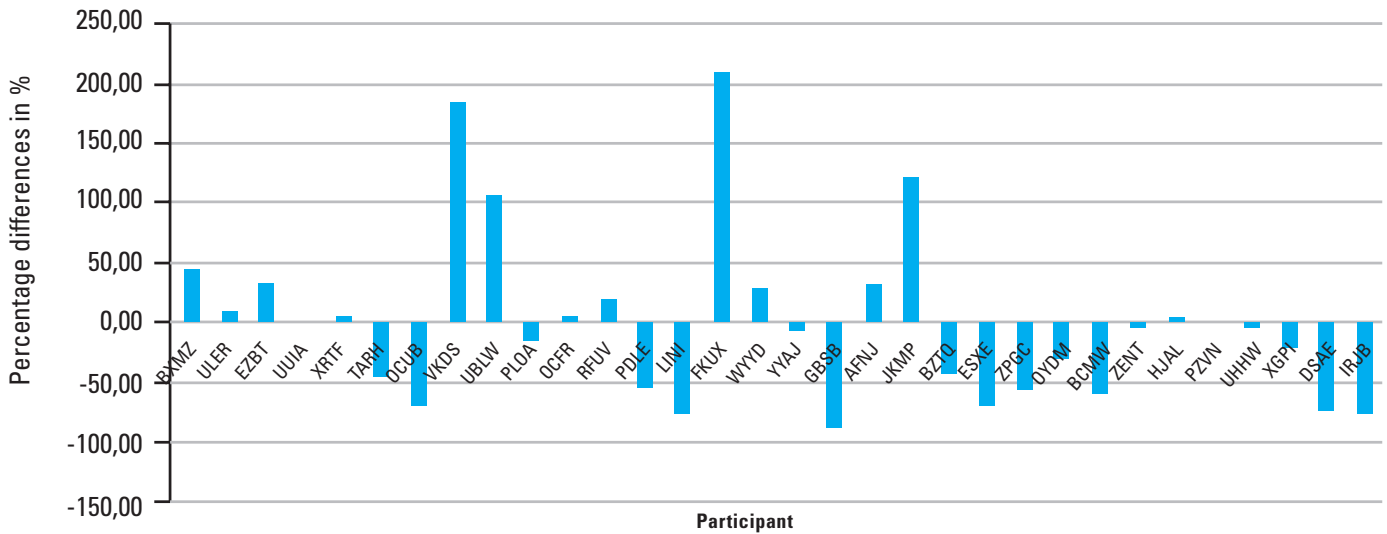
DR. UWE KLAUSMEYER  
 [PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT,  
 FACHBEREICH 3.5 „EXPLOSIONSSCHUTZ IN DER  
 ENERGIETECHNIK“, BRAUNSCHWEIG]

JIA WU  
 [PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT,  
 FACHBEREICH 3.5 „EXPLOSIONSSCHUTZ IN DER  
 ENERGIETECHNIK“, BRAUNSCHWEIG]

TIM KRAUSE  
 [PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT,  
 FACHBEREICH 3.5 „EXPLOSIONSSCHUTZ IN DER  
 ENERGIETECHNIK“, BRAUNSCHWEIG]

THOMAS HORN  
 [PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT,  
 FACHBEREICH 3.6 „EXPLOSIONSGESCHÜTZTE  
 SENSORIK UND MESSTECHNIK“, BRAUNSCHWEIG]

DR. ULRICH JOHANNSMEYER  
 [PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT,  
 FACHBEREICH 3.6 „EXPLOSIONSGESCHÜTZTE  
 SENSORIK UND MESSTECHNIK“, BRAUNSCHWEIG]

**BILD 10**

Relative Differenz zum zugewiesenen Wert der einzelnen Teilnehmer für Stromkreisnummer 1

#### LITERATUR

- [1]  
ISO / IEC 17025:  
General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO / IEC 2005
- [2]  
ISO / IEC 17043:  
Conformity assessment – General requirements for proficiency testing, Edition 1.0, ISO / IEC 2010
- [3]  
IEC 60079-1:  
Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures „d“, Edition 6.0, IEC 2007
- [4]  
IEC 60079-11:  
Equipment protection by intrinsic safety „i“, Edition 6.0, IEC 2011
- [5]  
ISO 13528:  
Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons, ISO 2005
- [6]  
Pesch, Bernd: Grundlagen der Metrologie – Bestimmung der Messunsicherheit nach GUM. Books On Demand GmbH. Norderstedt 2003.