

Erfahrungen mit der Kalibrierung von Messsystemen im Werk und vor Ort

Dr.-Ing. Volker Karius
Trench Switzerland AG, Basel

1. Einleitung

Mit der IEC Publikation 60060-2 (12.94) haben die Betreiber von Hochspannungsprüffeldern den Rahmen für die messtechnischen Anforderungen an die installierten Prüfsysteme erhalten. Durch eine periodische Überprüfung der Messsysteme müssen die Betreiber sicherstellen, dass sich die Messunsicherheiten in den vorgeschriebenen Grenzen bewegen. Die Überprüfung durch ein akkreditiertes Prüflabor durch Vergleichsmessungen mit Referenzmesssystemen, die auf nationale Normale rückführbar sind, ist der zuverlässigste Weg einer solchen Prüfung.

Der Beitrag zeigt die Vorteile auf, die für den Betreiber gegeben sind, wenn solche Prüfungen in seinem eigenen Prüflabor durch ein mobiles akkreditiertes Kalibrierlabor durchgeführt werden können. Die notwendigen Voraussetzungen, die ein solches mobiles Kalibrierlabor erfüllen muss, werden behandelt und es wird über Erfahrungen bei der Kalibrierung im Werk und vor Ort im europäischen Raum berichtet.

2. Das Haefely Test Kalibrierlabor

2.1 DKD Kalibrierlabor im Unternehmen

Das Haefely Test Kalibrierlabor ist ein unabhängiges Prüflabor [4] in Basel / Schweiz. Es wurde 1995 eingerichtet und 1997 gemäss der damals gültigen Norm EN 45001 durch die PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) in Braunschweig akkreditiert. Die Unabhängigkeit des Kalibrierlabors ist dadurch sichergestellt, dass es eine vom herstellereigenen Prüflabor getrennte Führungsverantwortlichkeit und Organisationsstruktur hat. Alle Messeinrichtungen des Kalibrierlabors werden in eigenen klimatisierten Räumlichkeiten aufbewahrt und nur vom Personal bedient, das der Organisation des DKD Kalibrierlabors zugewiesen und

Spannungsart	Höchste erforderliche Prüfspannung		Bemessungsspannung des Messsystems		
	Spannung	Betriebsmittel	nach IEC 60-2 20 % Wert	Haefely Messsystem	
	kV		kV	Typ	Spannung kV
Impulsspannung LI SI	2400	maximal ge- normter Spitzen- wert gemäss IEC 71-1	480	RMS LI500	500
	1550		310	RMS SI500	500
Wechselspannung AC	1000	Stückprüfungen von Spannungs- wandlern und Durchführungen	200	RMS AC100	100
				RMS AC180	180
				RMS AC200	200
				RMS AC600	600
Gleichspannung DC	1075	Stückprüfungen für HVDC Span- nungswandlern	215	RMS DC180	180
				RMS DC300	300

Tabelle 1: Auswahl der Referenz-Messsysteme

entsprechend geschult ist. Das Kalibrierlabor hat ein eigenes Qualitätssicherungssystem dokumentiert im Qualitätssicherungs-Handbuch des Kalibrierlabors. Die Beurteilung der Messergebnisse und Ausstellung der Kalibrierscheine wird ausschliesslich durch die Leitung des Kalibrierlabors vorgenommen.

2.2 Die Messnormale im DKD Kalibrierlabor

Die Auswahl der Referenz-Messsysteme erfolgte auf Grundlage der höchsten erforderlichen Prüfspannungen gemäss IEC 60071-1 und der mindestens geforderten Kalibrierspannung von 20 % der Bemessungsspannung des zu kalibrierenden Messsystems gemäss IEC 60060-2 (siehe Tabelle 1) und der im Haefely Test Produktespektrum vorhandenen Hochspannungsteiler, Impulsspannungsauswertesystemen und Messinstrumente. Sofern für AC- und DC-Spannungsmessung im erforderlichen Spannungsbereich bestqualifizierte Produkte auf dem Markt

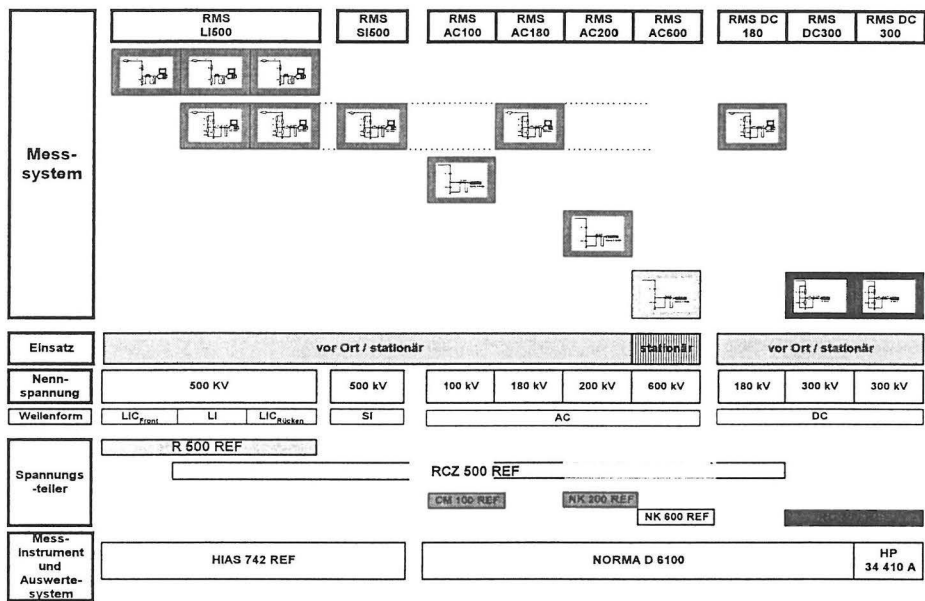


Bild 1:
Referenzmesssysteme
im DKD Kalibrierlabor
der Haefely Test

zur Verfügung standen, wurden Fremdfabrikate für die Referenz-Messsysteme eingesetzt. Tabelle 1 gibt ebenfalls Auskunft über die zur Anwendung kommenden Haefely Referenz-Messsysteme bei den unterschiedlichen Spannungsarten. In Bild 1 sind alle im Haefely Test DKD Kalibrierlabor vorhandenen Referenz-Messsysteme dargestellt. Aus der Darstellung geht hervor, in welchen Kombinationen die Spannungsteiler und Messinstrumente verwendet werden können und welche Kombinationen für die vor Ort Kalibration oder die stationäre Kalibrierung in unserem Werk eingesetzt werden. Im einzelnen werden die folgenden Elemente verwendet:

■ Hochspannungsteiler

- Ohmscher Spannungsteiler
- Gedämpft kapazitiver Spannungsteiler
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Ohmscher Spannungsteiler

- R 500 REF
- RCZ 500 REF
- CM 100 mit Unterspannungsteil
- NK 200 mit Unterspannungsteil
- NK 600 mit Unterspannungsteil
- RC 300 mit Unterspannungsteil

■ Messinstrumente

- Digitales Impulsspannungsauswertesystem
 - AC / DC Spannungsmessinstrument
 - DC Spannungsmessinstrument
- HIAS 742 REF
NORMA D 6100
HP 34 410A

■ Kalibratoren

- Referenz Impulsspannungskalibrator
 - AC / DC Spannungskalibrator
- RIC 422
FLUKE 5500A

Die Kalibrierung der unterschiedlichen Kombinationen der mobilen Referenz-Messsysteme und der Kalibratoren erfolgte durch die PTB in Braunschweig. Das Wechselspannungs-Messsystem RMS AC600 ist stationär. Die Kalibration dieses Messsystems erfolgte zusammen mit der PTB in unserem Werk in Basel.

Bild 2 das Haefely Test Kalibrierlabor stationär und im Auftrag unterwegs mit dem Transportfahrzeug für die Referenzmesssysteme und Messeinrichtungen auf dem Wege zu einer Kalibrierung vor Ort.

Messgrösse		Messbereich	relative Messunsicherheit	Bemerkung	
Gleichspannung (DC)		0,1 V - 1000 V	0,02 %	Messgeräte	
		5 kV - 300 kV	0,4 %	Mess- systeme	
		300 kV - 900 kV	1,0 %		
Wechselspannung (AC)		0,1 V - 1000 V	0,11 %	Messgeräte	
		1,0 kV - 100 kV	0,5 %	Mess- systeme	
		10 kV - 180 kV	0,5 %		
		5 kV - 600 kV	0,5 %		
		180 kV - 1000 kV	1,0 %		
Impuls- Spannung (LI, LIC, SI)	Scheitelwert			Messgeräte	
	LI	80 V - 1600 V	0,6 %		
	LIC	400 V - 1250 V	1,0 %		
	SI	80 V - 1600 V	0,5 %		
	Zeitparameter				
	LI	T ₁	0,84 µs		2,0 %
		T ₂	60 µs		2,0 %
	LIC	T _C	0,5 µs		2,0 %
	SI	T _P	20 µs	2,0 %	
		T ₂	4000 µs	2,0 %	
	Scheitelwert			Mess- systeme	
	LI	200 kV - 250 kV	0,5 %		
		50 kV - 500 kV	0,9 %		
		50 kV - 2500 kV	1,0 %		
	LIC	50 kV - 500 kV	1,0 %		
	SI	200 kV - 250 kV	0,5 %		
		50 kV - 500 kV	1,0 %		
		50 kV - 2500 kV	1,0 %		
	Zeitparameter				
	LI	T ₁	0,8 µs - 1,6 µs		2,0 %
	T ₂	40 µs -60 µs	2,0 %		
LIC	T _C	0,5 µs -2,0 µs	2,0 %		
SI	T _P	200 µs - 300µs	2,0 %		
	T ₂	1000 µs - 4000 µs	2,0 %		

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Messunsicherheit der Messsysteme bzw. der Kalibratoren des DKD Kalibrierlabors zur Kalibrierung von AC, DC und Impulsspannungen. Die Anga-

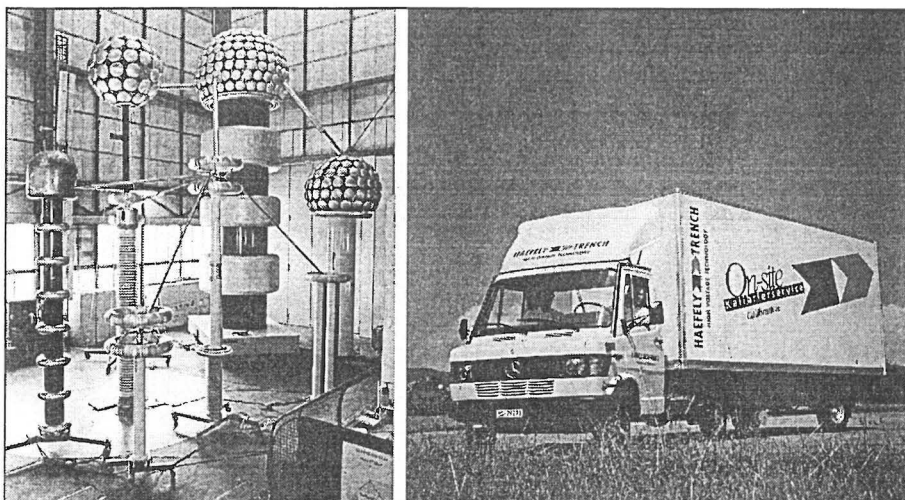


Bild 2: Stationäre Kalibration bei Haefely Test und Transport der Messeinrichtung zu einer vor Ort Kalibration

ben gelten für Kalibrierungen im stationären Kalibrierlabor und sind für vor Ort Kalibrierungen durch Beiträge für die vorhandenen Spannungserzeuger zu erhöhen, die von deren Eigenschaften (Stabilität, überlagerte Schwingungen u.ä.) abhängen.

3. Kalibrierungen vor Ort

3.1 Allgemeines

Hochspannungsmesseinrichtungen werden bekanntlich von ortsabhängigen Gegebenheiten beeinflusst, wie Streukapazitäten und elektro-magnetische Störungen, um die wichtigsten zu nennen. Aus diesem Grunde ist es sinnvoll, die Kalibrierung von Hochspannungsmesssystemen vor Ort durchzuführen, wo die Messunsicherheit eines Messsystems an seinem tatsächlichen Einsatzort bestimmt werden kann. Von einem mobilen Kalibrierlabor muss nun verlangt werden, dass der gesicherte Transport der empfindlichen Messeinrichtungen gewährleistet ist, dass die Beladung und Entladung problemlos ohne fremde Hilfe bewerkstelligt und dass insbesondere vor Ort die Kalibrierfähigkeit des zu kalibrierenden Materials beurteilt werden kann. Seit einem Jahr betreibt die Firma Haefely Test das stationäre und mobile Kalibrierlabor. Einige wichtige Bemerkungen zum Ablauf, zu den Erfahrungen, zu den durchgeführten Kalibrierungen und zum Aufwand sollen nachfolgend geschildert werden.

3.2 Vorbereitungen

Kundenanfragen und Aufträge werden vom Vertrieb Kalibration angenommen und müssen eine Beschreibung der Kalibrieraufgabe enthalten. Gegebenenfalls erhält der Kunde eine Checkliste, die es ihm erleichtert, die gewünschte Kalibration in seinem Labor möglichst umfassend zu definieren. Nach der Prüfung des Leistungsumfanges erhält der Kunde ein Preisangebot zusammen mit einem Dienstleistungsvertrag. Der Dienstleistungsvertrag enthält neben den kommerziellen Bedingungen auch eine Aufstellung der für eine vor Ort Kalibrierung einzuhaltenden Rahmenbedingungen. Mit der Erteilung des Auftrages bestätigt der Kunde, dass er die im Dienstleistungsvertrag aufgeführten Rahmenbedingungen im vor Ort Labor einhält, ohne die die Kalibrierung abgelehnt werden muss. Falls die Anforderungen des Auftraggebers über den akkreditierten Bereich des Kalibrierlabors hinausgehen, wird der Kalibrierungsauftrag ebenfalls zurückgewiesen.

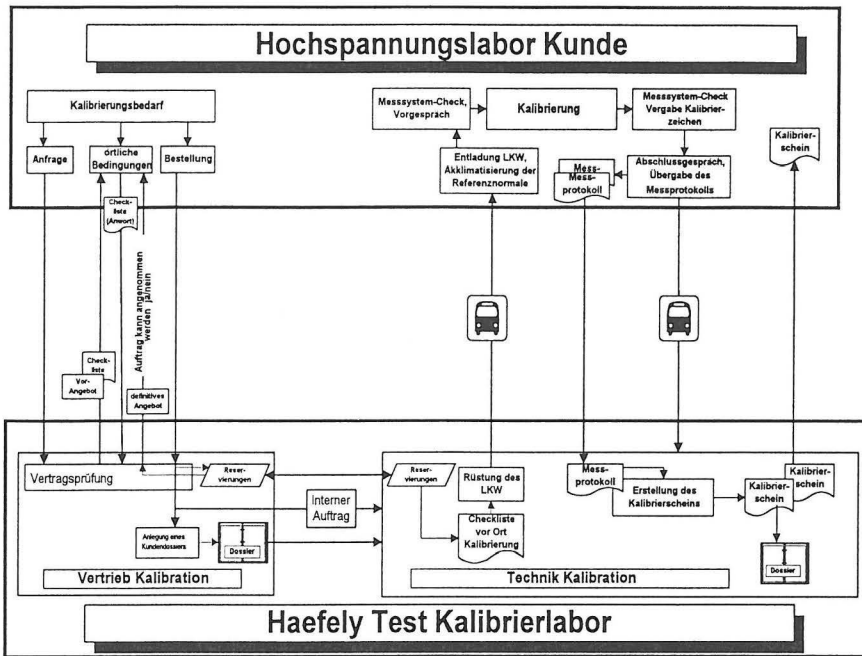


Bild 3: Vor Ort Kalibration mit dem Haefely Test Kalibrierlabor, Ablauf

Sämtliche Referenzmesssysteme und Normale werden für eine vor Ort Kalibrierung bis zum Transport im Lager- und Prüfraum des Kalibrierlabors gelagert. Für den Transport der vor Ort notwendigen Einrichtungen steht ein für das Kalibrierlabor eigens angeschaffter und eingerichteter Kleinlastwagen zur Verfügung. Er wird ausschliesslich für den Transport der Einrichtungen des Kalibrierlabors benützt. Das Beladen und Entladen des Kleinlastwagens (siehe Bild 4)

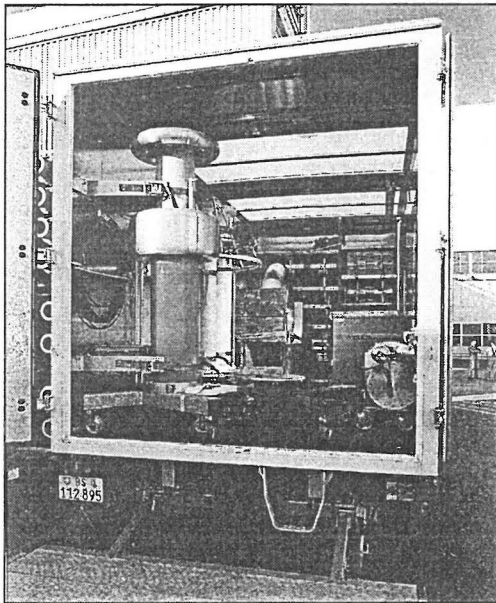


Bild 4: Beladung des LKW mit den Referenznormalen im Werk vor der Abfahrt zu einer vor Ort Kalibrierung

sowie die Kontrolle der Vollständigkeit der Einrichtungen erfolgt mit Hilfe von Checklisten. Bei jeder Entnahme von Geräten und Normalen wird die Herausgabe sowie die Rücknahme der Kalibriernormale vor und nach einem Transport dokumentiert. Die notwendigen Checks der Referenzmesssysteme vor dem Beladen und nach dem Entladen sind vorgeschrieben.

Unmittelbar nach der Ankunft im Labor vor Ort wird zusammen mit dem Kunden das weitere Vorgehen besprochen. Die Referenzmesssysteme und Normale werden so bald als möglich in den Kalibrierraum gebracht, um so eine Akklimatisierung der Einrichtungen an die Umgebungsbedingungen zu erwirken. Unmittelbar vor und nach der Kalibrierung werden die Referenzmesssysteme nochmals kontrolliert. Bei Kalibrierungen vor Ort werden dieselben Kalibrierverfahren angewendet wie bei Kalibrierungen im Werk. Aufgrund der immer wieder veränderten räumlichen Gegebenheiten ist die Anordnung der Messsysteme und deren Verkabelung stets sorgfältig zu prüfen. Die zur Hochspannungserzeugung verwendeten Generatoren müssen in einem einwandfreien Zustand sein.

Nach der Kalibration wird dem Personal des Labors vor Ort das Protokoll der Kalibrierung ausgehändigt. Die Erstellung der DKD Kalibrierscheine erfolgt immer im stationären Kalibrierlabor und wird dem Kunde zugestellt. Die Kalibriermarken werden jedoch sofort von den Mitarbeitern des Kalibrierlabors an den kalibrierten Gegenständen angebracht, um Missbrauch zu verhindern. Der gesamte Ablauf, wie beschrieben, zeigt in einer Übersicht Bild 3.

3.3 Erfahrungen bei Kalibrierungen vor Ort

Sowohl bei den bisherigen Anfragen für Kalibrierungen vor Ort, als auch bei der Ausführung zeigte es sich, dass ein erheblicher Aufklärungsbedarf bei dem Prüffeldpersonal hinsichtlich Art und Umfang der Kalibration besteht. Die vielen in der IEC 60060-2 enthaltenen Einzelheiten erfordern noch umfassendere Beschäftigung seitens der Betreiber mit der Materie um im praktischen Fall den Umfang der notwendigen Arbeiten für das eigene Prüffeld zu definieren und entsprechend zu bestellen.

Noch zum Teil unverstanden ist in diesem Zusammenhang die Bedeutung der Rückführbarkeit der ganzen Kette eines Messsystems auf nationale Normale, wie es in der Norm gefordert wird, und dementsprechend der Unterschied zwischen den früher auch von uns durchgeführten einfachen Kontrollen der Übersetzungsverhältnisse der Wandler zusammen mit den Messgerätekalibrierungen und der heute verlangten Kalibrierung des gesamten Messsystems mit rückführbaren Normalen. Damit ist eine Kalibrierung oder Re-Kalibrierung nach den heute geltenden Regeln mit Mehraufwand und -kosten verbunden verglichen mit früheren Kontrollmessungen.

Eine Anzahl der heute betriebenen Gebrauchsmesssysteme und -einrichtungen sind bereits veraltet, in einem schlechten Zustand und zum Teil am Rande der Kalibrierfähigkeit. Insbesondere nicht klar gekennzeichnete und vor dem willkürlichen Eingriff nicht geschützte Umschalt- und Steckeinrichtungen wurden vorgefunden. Bedingungen der Kalibrierung und Massnahmen zum Schutz der Messeinrichtungen gegenüber Veränderungen mussten häufig besprochen werden.

Bis anhin musste nur eine Kalibration zurückgewiesen werden, da diverse Abdeckungen und Schutzvorrichtungen nicht vorhanden waren. Durch mechanische Änderungen durch den Kunden (feste mechanische Erdanschlüsse, u.s.w.) konnte die Kalibration vor Ort anschließend durchgeführt werden.

Vergleiche von Kalibrationsergebnissen bei Kunden, die ihr Re-Kalibrationsintervall auf zwei- oder sogar auf ein Jahr gesetzt haben, zeigen auf, dass es durchaus gerechtfertigt ist, das Intervall zu verkürzen, da Änderungen von fast einem Prozent auftreten können.

Die häufigste Beobachtung, die zu erheblichem Mehraufwand bei der Kalibration vor Ort führte, waren zusätzlich erforderliche Kalibrierungen durch unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse der Wandler aufgrund von Primärumschaltungen oder Verwendung von verschiedenen Sekundäreinheiten oder auch Betrieb der Systeme mit unterschiedlichen Messgeräten oder Messkabeln. Es war den Labors vielfach nicht klar, dass jedes Übersetzungsverhältnis oder jeder Austausch von Elementen des Systems eine eigene Kalibrierung erfordert. Das hatte natürlich

zur Folge, dass der Bestellungsumfang bei weitem nicht mit der tatsächlichen Leistung des Kalibrierlabors übereinstimmte und die Zeitplanung unseres Labors vor Ort durcheinander geriet. Auf Basis der in diesem Jahr gemachten Erfahrungen werden wir uns bemühen, zukünftig im Angebotsstadium die Bedingungen vor Ort mit unserem Auftraggebern durch unterstützende Beratung auf Grundlage der Norm besser abzuklären, um vor Ort bei der Ausführung der Kalibrierung Überraschungen zu vermeiden.

3.4 Durchgeführte Kalibrierungen

Die gesamte Anzahl und Art der vom Haefely Test Kalibrierlabor durchgeführten DKD Kalibrierungen zeigt Tabelle 3. Dabei wurde unterschieden zwischen vor Ort und stationären bzw. Rekalibrierungen (Re-Kal) und Werkskalibrierungen (We-Kal). Unter Werkskalibrierungen wurden die DKD Kalibrierungen von neuen Geräten über Messsystemen vor der Auslieferung verstanden. Mit Bezug auf die Kalibrierung vor Ort zeigt Tabelle 3, dass von insgesamt 197 durchgeführten DKD Kalibrierungen 85 vor Ort durchgeführt wurden, das sind ca. 43% aller DKD Kalibrierungen. Berücksichtigt sind sämtliche Kalibrierungen, inklusive die, die durch unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse der Wandler oder zusätzliche Messgeräte und Messkabel erforderlich wurden. Vor Ort wurden bisher 56 AC-Spannungs-Messsysteme und 21 Impulsspannungs-Messsysteme kalibriert und 8 DC-Spannungs-Messsysteme.

Die Ergebnisse der Kalibrierungen waren trotz des Betriebsalters einer Anzahl der sich im Einsatz befindlichen Messsysteme und der in Kap. 3.3 erwähnten Mängel erstaunlich gut. Alle AC-Spannungs-Messsysteme bewegten sich in der von der Norm vorgeschriebenen Toleranz.

Spannungsart	Messbereich	Kalibrierungen und Art der Kalibrierungen				
	(kV)	total	stationär	vor Ort	Re-Kal	We-Kal
AC-Spannung	10-1000	93	37	56	78	15
DC-Spannung	10-1000	48	40	8	16	32
Impulsspannung	50-2400	56	35	21	34	22
total		197	112	85	128	69

Tabelle 3: Durchgeführte Kalibrierungen

Bei ca. 15 % der Impulsspannungs-Messsysteme mussten die Massstabsfaktoren korrigiert werden, um das in der IEC 60600-2 vorgeschriebene Toleranzband zu erreichen. Die Korrektur konnte bei modernen Systemen durch Eingabe des neuen Massstabsfaktors vorgenommen werden, wo das nicht der Fall war wurde die Faktoren im Kalibrierschein vorgeschrieben, mit denen die Messwerte des Systems zu korrigieren sind.

Zu erwähnen ist noch, dass die Anzahl der Werkskalibrierungen mit DKD Zertifikat ansteigende Tendenz aufweist. Das gilt insbesondere für Lieferungen in den aussereuropäischen Raum. Es wurden in bereits 8 Ländern vor Ort Kalibrationen durchgeführt, wobei eine Kalibration trotz den hohen Transportkosten im asiatischen Raum stattfand.

Seit einiger Zeit führen wir auch *step response* Messungen nach Annex C der IEC 60060-2 vor Ort durch, um das dynamische Verhalten der jeweiligen Messeinrichtung zu überprüfen. Oft ist es jedoch schwierig, den dafür erforderlichen Platz in den Laboren bereitzustellen.

4. Überwachung der Systeme und Re-Kalibrierungen

Bild 5 gibt einen Überblick über die internen und externen Kontrollen bzw. Re-Kalibrierungen der Referenznormale. Zur Realisierung der Rückführung auf nationale Normale werden die Normale und Messeinrichtungen ausserhalb des Kalibrierlabors rekaliert. Das geschieht

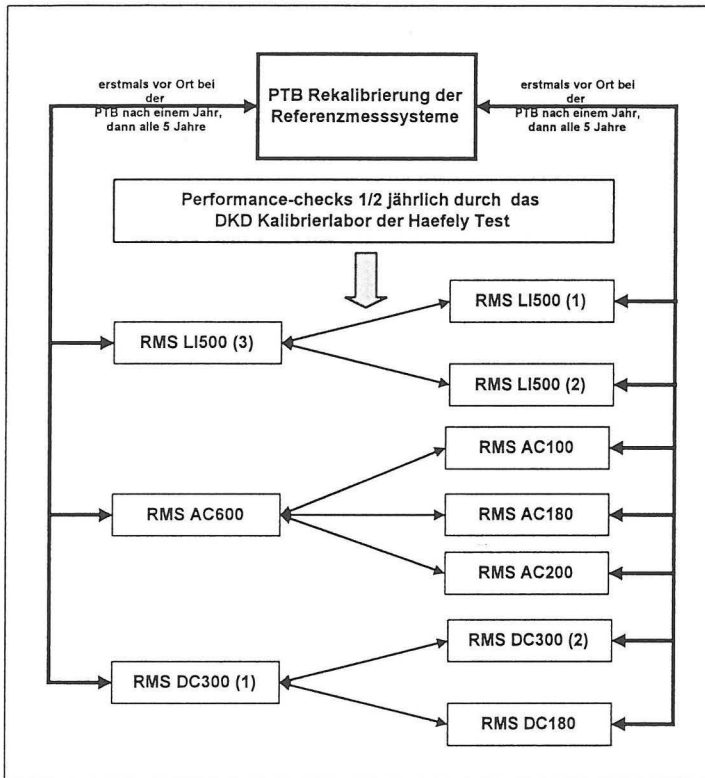


Bild 5: Interne und externe Kontrollen bzw. Re-Kalibrierungen der Referenznormale

im Einvernehmen mit der PTB und durch die PTB extern alle fünf Jahre. Da Haefely Test ein mobiles Kalibrierlabor betreibt wurde die erste Re-Kalibrierung der Systeme bereits nach einem Jahr durch die PTB vorgenommen, um der besonderen Beanspruchung der Einrichtungen Rechnung zu tragen. Insbesondere soll überprüft werden, ob der wiederholte Transport im Kleinlastwagen, die Beladung und Entladung und nicht zuletzt die häufig wechselnden Umgebungsbedingungen einen merkbaren Einfluss auf das Verhalten der Messunsicherheit der Systeme hat.

Was die interne Überprüfung der Referenz-Messsysteme angeht gewährleisten die gewählten Kombinationen eine geeignete Überprüfung der Systeme untereinander durch den periodischen halbjährlichen Vergleich, nach dem in Bild 5 dargestellten System. Auf diese Art wird zwischen den externen Re-Kalibrierungen ständig der Zustand der Systeme hinsichtlich ihrer Messunsicherheit kontrolliert.

Weitere Checks der Übersetzungsverhältnisse der Spannungsteiler und Funktion der Messgeräte werden vor und nach jeder Kalibrierung und dem Transport, wie bereits unter Kap. 3.2 beschrieben, durchgeführt. Die Ergebnisse sämtlicher Kontrollmessungen und Re-Kalibrierungen werden protokolliert und in entsprechenden Gerätedateien und im sogenannten *Record of Performance* jedes Referenzmesssystems dokumentiert.

Nach 3 Jahren Betriebserfahrung führten die *Performance Checks* der Referenzmesssysteme zu den folgenden Langzeitstabilitäten ohne Berücksichtigung vorgenommener Korrekturen der Massstabsfaktoren:

Wechselspannungs Messsysteme	< 0,2%
Gleichspannungs Messsysteme	< 0,1%
Impulsspannungs Messsysteme	< 0,2%

Das ist ein gutes Ergebnis, bedenkt man, welchen Beanspruchungen die Geräte hinsichtlich mechanischen Erschütterungen und klimatischen Bedingungen während der Transporte unterworfen sind.

5. Zusammenfassung

Mit der neuen IEC Publikation 60060-2 (1994) haben die Betreiber von Hochspannungsprüffeldern den Rahmen für die messtechnischen Anforderungen an die installierten Prüfsysteme erhalten. Durch eine periodische Überprüfung der Messsysteme müssen die Betreiber sicherstellen, dass sich die Messunsicherheiten in den vorgeschriebenen Grenzen bewegen. Die Überprüfung durch ein akkreditiertes Prüflabor durch Vergleichsmessungen mit Referenzmesssystemen, die auf nationale Normale rückführbar sind, ist der zuverlässigste Weg einer solchen Prüfung.

Die vor Ort durchgeführten Kalibrierungen an AC-Spannungs-Messsystemen zeigte in allen Fällen Übereinstimmung mit der Norm. Bei der Überprüfung von Impulsspannungs-Messsystemen wurden Abweichungen festgestellt. Die Anforderungen der Norm scheinen hier nicht ohne weiteres erreicht zu werden.

Die Langzeitstabilität der Massstabsfaktoren der Wechselspannungs Messsysteme und Impulsspannungs Messsysteme lag nach 3 jähriger Betriebszeit unter 0,2% und der Gleichspannungs Messsysteme sogar unter 0,1%.

Die Kalibrierung vor Ort hat nach unseren Erfahrungen durch die Diskussion mit dem teilnehmenden Laborpersonal über Kontrolle der Prüfmittel und der Kalibrierung gerade im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung ihres Prüfwesens auch einen gewissen Schulungscharakter.

Literaturhinweise

- [1] IEC 60060-1, DIN EN 60060-1, VDE 0432 Teil 1, 1994
Hochspannungs-Prüftechnik, Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen
- [2] IEC 60060-2, DIN EN 60060-2, VDE 0432 Teil 2, 1996
Hochspannungs-Prüftechnik, Messsysteme
- [3] IEC 60071-1, Insulation co-ordination Part 1, 1993
Principles and rules
- [4] EN ISO/IEC 17025, 1999
Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien