

Kalibrierung – rückführbar?

Unser CalShop und die ISO/IEC 17025

Bevor die ISO/IEC 17025 vor etwa zwei Jahren die entsprechende Europäische Norm (DIN EN 45001) ablöste, war Rückführbarkeit ein Begriff, den der Hersteller eines Messgeräts in seinen Katalogdaten pauschal aufführte – und das wurde allgemein ohne große Rückfragen akzeptiert. Durch die neue Norm ist die Rückführbarkeit stärker in das Blickfeld getreten. Denn jetzt wachen Auditoren mit scharfem Auge darüber, dass die kalibrierten Größen auf nationale Normale rückführbar sind. Damit ist das Thema auch stärker in das Bewusstsein der Endkunden gelangt.

Ist jetzt alles schwieriger? Wie man es sieht. Auch bisher waren die Messmittel rückführbar kalibriert, wenn auch der individuelle Nachweis mit hohem Aufwand verbunden war. Die Kalibrierscheine sind heute deutlich informativer geworden, weil sie die Rückführbarkeit aller relevanten Messmittel direkt angeben. Doch auch das ist zunächst ungewohnt. Deshalb soll dieser Beitrag etwas mehr Klarheit bringen.

Kalibrieren = Vergleichen mit Normalwerten

Kalibrieren heißt, die Anzeige eines Messgeräts (Endprodukts) mit einem Sollwert vergleichen, der durch Normale dargestellt wird. Dazu sind meist viele Messmittel in komplexen Prüfanordnungen nötig. Und alle relevanten Messmittel müssen wiederum geeignet kalibriert sein, um letztlich einen lückenlosen Bezug („Rückführbarkeit“) auf die Normale eines nationalen metrologischen Instituts herzustellen. Dabei betrifft die Kalibrierung immer eine physikalische Größe wie elektrische Spannung, elektrischen Strom, elektrische oder magnetische Feldstärke usw.

Um die Rückführbarkeit sicher zu stellen, lässt die ISO/IEC 17025 dem Kunden drei gleichwertige Möglichkeiten:

1. Man kann das Gerät bezüglich einer physikalischen Größe direkt von einem metrologischen Institut kalibrieren lassen, z.B. bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, PTB, in Braunschweig.
2. Man kann das Gerät ebenso von einem akkreditierten Labor kalibrieren lassen. Akkreditierte Laboratorien haben eine Anerkennungsprozedur durchlaufen, z.B. beim Deutschen Kalibrierdienst DKD, der italienischen SIT, der britischen UKAS oder der A2LA und NVLAP in den USA. Akkreditierte Laboratorien sind wechselseitig anerkannt. Das regeln u.a. Abkommen der European Cooperation for Accreditation, EA, und der International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC.

3. Man kann das Gerät kalibrieren lassen von einem Kalibrierlabor, das prägnante Voraussetzungen erfüllt. Es muss
- Qualitätsmanagement und Messmittel-Management betreiben,
 - die Ausrüstung und die Befähigung der Mitarbeiter nachweisen,
 - validierte Methoden verwenden und die Rückführbarkeit belegen.

Diese dritte Möglichkeit bietet Narda Safety Test Solutions seinen Kunden. Narda ist nach ISO 9001 zertifiziert und betreibt schon für eigene Zwecke ein solides Messmittel-Management. Das Kalibrierlabor ist mit hochwertigen Messmitteln ausgestattet, und die Prüffeld-Mitarbeiter sind eingehend geschult. Sie haben Zugang zu allen Fertigungsdokumenten und Prüfvorschriften – und wo ist das Know-how höher als beim Hersteller selbst?

Bezugsnormale, Gebrauchsnormale und Prüfmittel

Alle zur Kalibrierung von Endprodukten verwendeten Messmittel werden regelmäßig kalibriert – als Bestandteil des Messmittel-Managements – und vor dem Einsatz geprüft. Die Messmittel lassen sich in drei Klassen einteilen:

<i>Messmittel</i>	<i>Merkmal des Messmittels</i>	<i>Kalibrierung des Messmittels</i>
Bezugsnormal (Reference Standard)	Messmittel mit der höchsten Qualitätsstufe am Standort; es wird zur Kalibrierung der Prüfmittel bereitgehalten und nicht ständig eingesetzt.	Kalibriert durch ein metrologisches Institut oder ein akkreditiertes Labor. Dadurch ist die Rückführbarkeit auf eine SI-Einheit lückenlos.
Gebrauchsnormal (Working Standard)	Messmittel, das ständig zur Kalibrierung des Endproduktes verwendet wird.	Dito
Prüfmittel (Measuring Equipment)	Wird ständig zur Kalibrierung des Endproduktes verwendet. Häufig spezielles, nicht handelsübliches Gerät oder eines, für das eine akkreditierte Kalibrierung nicht verfügbar ist.	„Werkskalibriert“ im eigenen Hause unter Verwendung der Bezugsnormale

Die Prüfmittel spielen bei Narda Safety Test Solutions eine besondere Rolle. Denn mit seinen E- und H-Feld-Sonden bewegt sich Narda in einem exotischen Umfeld, für das Normale oft gar nicht oder nur mit eingeschränkten Eigenschaften verfügbar sind. Hier sind nicht nur elektrische Ströme und Spannungen zu kalibrieren. Allein die Frequenzen für das elektrische Feld beispielsweise reichen von wenigen Hertz bis 60 GHz, also vom extrem niederfrequenten Feld bis in den Millimeterwellenbereich. Dadurch ist eine Vielzahl von Messmitteln nötig. Für die EMR-Sonden beispielsweise sind es insgesamt rund 100, von denen fast 50 entscheidend für den Nachweis der Kalibrierdaten sind. Externe Anbieter dieser Prüfmittel sind meist an einer Hand abzuzählen, und eine „rückführbare Kalibrierung“ ist nicht immer ausreichend belegt.

Die Rückführbarkeitskette muss lückenlos sein

Damit sind wir beim Kern des Problems. Die Rückführbarkeitskette darf beliebig lang sein, wenn sie ununterbrochen ist. D.h. Hersteller A erbringt den Nachweis für Hersteller B, Hersteller B für Hersteller C, usw. Wenn nur einer den Nachweis nicht erbringt, „reicht“ er das Problem allen anderen „durch“. Narda Safety Test Solutions bezieht deshalb die Prüfmittel im Hause möglichst direkt auf akkreditiert kalibrierte Normale – jedenfalls immer dann, wenn es wirtschaftlich sinnvoll und technisch möglich ist.

Nachweis immer für den Einzelfall

Bleiben wir bei dem oben genannten Beispiel, den Sonden für den Gerätetyp EMR. Für die Erzeugung des Kalibrierfelds braucht man Helmholtz-Spulen, TEM-Zellen, Horn-Antennen – abhängig von der physikalischen Größe (elektrisches oder magnetisches Feld) und dem Frequenzbereich. Die Rückführbarkeit muss für jedes Prüfmittel und jeden Frequenzbereich belegt werden. Die Aussage, „wir sind rückführbar“, ist also zu pauschal. Sie gilt immer nur für ein Produkt oder eine Produktgruppe.

Die Modellgleichung

Die Genauigkeit der Kalibrierung beeinflusst maßgeblich die Messunsicherheit, die bei dem Endprodukt „Messgerät“ wunschgemäß sehr niedrig sein soll. Das bestimmt nicht nur die Anforderungen an die zur Kalibrierung verwendeten Messmittel, sondern auch die Art des Messverfahrens. Eine einfache Vergleichsmessung z. B. mit einer „goldenen“ Sonde, deren Eigenschaften bekannt sind, ist nicht immer die beste Lösung. Denn die Messunsicherheit der Sonde liegt leicht in der gleichen Größenordnung wie diejenige, die man nachweisen möchte. In der Regel ist man auf indirekte Methoden angewiesen: Das Feld wird berechnet aus anderen physikalischen Größen, die man hochpräzise messen kann und deren Einfluss man in einer Modellgleichung darstellen kann.

Bleiben wir bei den EMR-Sonden für das elektrische Feld, die für Frequenzen von 100 kHz bis 300 MHz mit einer TEM-Zelle kalibriert werden. Der Nachweis der Prüffeldstärke E gelingt mathematisch nach der Modellgleichung

$$E = \frac{\sqrt{P_m * F_{th} * D * Z_L}}{d}$$

Darin sind

- P_m : Leistung
- F_{th} : Korrekturfaktor des Leistungs-Messkopfs
- D : Dämpfung zur Angleichung des Messbereichs
- Z_L : Wellenwiderstand (nominal 50 Ohm)
- d : Septum-Höhe, d.h. der Abstand von Innen- und Außenleiter.

Die Modellgleichung weist alle für die Kalibrierung relevanten Größen aus. Parameter von untergeordneter Bedeutung, wie z.B. die Signalverzerrung des Verstärkers, werden in der Toleranzanalyse („Fehlerrechnung“) berücksichtigt. Sie ist dann die Basis für die veröffentlichte Messunsicherheit des Endprodukts.

Bild rechts: Prüfling in einer TEM-Zelle



Die Kalibrierscheine: Einfacher und doch verwirrend?

Frühere Kalibrierscheine enthielten alle Messmittel und glichen damit einer Beschreibung des Messaufbaus. Heutige Kalibrierscheine listen genau die Normale für die relevanten Größen auf und beschreiben die verwendete Methode, um den Zusammenhang zwischen nachgewiesener Größe und verwendeter Bezugsnormale darzustellen. Dazu dient die Angabe der Zertifikatsnummern für alle Normale und des Gültigkeitszeitraums der Kalibrierung.

Das führt zu Kalibrierscheinen, die zunächst ungewohnt erscheinen.

Reference- / Working- Standard	Model	Serial Number	Certificate Number	Cal Due Date	Trace
Depth Calliper	0-300mm	220721020	431824 DKD-K-12001 04-04	22-Apr-2005	DKD
Vector Network Analyzer	ZVC	100032	0091 DKD-K-16101 04-02	24-Feb-2005	DKD
Power Sensor 4.2GHz	8482A	US37295012	04D80 DKD-K-02201 04-04	15-Okt-2005	DKD
Power Meter, Two Channel	438A	2839U01422	2-61054379-1A	15-Okt-2005	UKAS
Attenuator 30dB	49-30-33	KCC 115	2508 DKD-K-00501 03-03	19-Sep-2004	DKD

Der Kunde erwartet in der Liste u.a. eine TEM-Zelle und liest die Kalibrierdaten eines Messschiebers (Depth Calliper). Aus der Modellgleichung wird jedoch schnell klar: Die Kalibrierfeldstärke wurde mathematisch u. a. aus den Abmessungen der TEM-Zelle abgeleitet. Deshalb erscheint der Messschieber zur Bestimmung der in der Modellgleichung enthaltenen Septum-Höhe d als relevante Größe.

Damit hat der Endkunde die Gewähr, dass die Kalibrierung rückführbar ist. Er kann die entsprechenden Zertifikate einsehen. Die neuen Kalibrierscheine sind sehr viel übersichtlicher. Sie zeigen dem Auditor wie dem Kunden genau das, was die Rückführbarkeit belegt.