



WIE SIE DIE LEISTUNG EINES DRUCKMESSGERÄTS BEURTEILEN

Forscher haben mathematische Modelle und Begriffe erarbeitet, mit denen sich die Leistung von Industriegeräten wie beispielsweise von Druck-Kalibriergeräten standardisiert ermitteln und bewerten lässt.

Der weltweit bedeutendste mathematische Begriff dieser Art ist „Genauigkeit“. Was genau macht die Genauigkeit so wichtig?

Druck-Kalibriergeräte werden sowohl als Prüf- und Referenzinstrumente wie auch für High-End-Anwendungen eingesetzt. Allein die unterschiedlichen Kategorien – zum Beispiel automatische oder manuelle Funktion, analoge oder digitale Anzeigen – machen es schwer, die Leistung nur anhand eines gemeinsamen Begriffs zu beurteilen. Mit einem individuellen Bewertungsbegriff pro Gerätetyp arbeiten zu müssen, würde im Gegenzug zu Konfusion führen. Da bietet sich „Genauigkeit“ als Klammer für sämtliche Gerätetypen förmlich an. Wörtlich ist Genauigkeit definiert als „Grad der Übereinstimmung zwischen angezeigtem und richtigem Wert“. Doch gibt der Begriff keine Auskunft über die Faktoren, die diesem „Grad der Übereinstimmung“ zugrunde liegen. Hier hilft es, die mathematische Ableitung dieser Definition in Zusammenhang mit Druckmessungen hinzuzuziehen. In der Welt der Messtechnik gibt es zahlreiche Leitfäden, die Mittel zur Leistungsbewertung von Kalibriergeräten zur Verfügung stellen. Diese orientieren sich in der Regel am VIM (International Vocabulary of Metrology) oder dem GUM (Guide to the expression of Uncertainty in Measurement), dem Referenzstandard für die Erstellung mathematischer Modelle zur Bewertung von Geräteeigenschaften. Die Leitfäden sind allerdings oftmals sehr allgemein formuliert und umfassen nicht alle Begriffe aus den messtechnischen Standards.

Weltweit anerkannte Richtlinien unterstützen die Labore

Für die Kalibrierung von Druckmessgeräten hat die weltweit anerkannte Euramet (European Association of National Metrology Institutes) verschiedene Richtlinien ausgearbeitet, um Messungen zu harmonisieren und um Labore bei der Etablierung praktischer Verfahren zu unterstützen. Eine davon ist die „Richtlinie zur Kalibrierung elektrisch-mechanischer Manometer“. Sie erläutert die Abläufe einer Kalibrierung, das sogenannte Prüfverfahren, sowie die Bestimmung der Kenngrößen über die Auswertung der dadurch gewonnenen Messwerte.

Kalibrierung

Typische Kenngrößen sind die Messunsicherheit und der Messfehler eines Manometers oder Messumformers. Sie hängen von folgenden Faktoren ab: dem Referenzgerät und dessen Eigenschaften (zum Beispiel eigene Messunsicherheit, Langzeitstabilität und Einfluss der Umgebungsbedingungen), den Wiederholbarkeits- und Hysterese-Eigenschaften des Prüflings sowie dessen Auflösung und Nullpunktfehler. Auf diesen Merkmalen basiert ein mathematisches Modell zur Bestimmung von Messunsicherheit und Messfehler. Zunächst werden alle Unsicherheiten, die mit den genannten Faktoren verknüpft sind, quadratisch addiert. Das Ergebnis wird mit einem

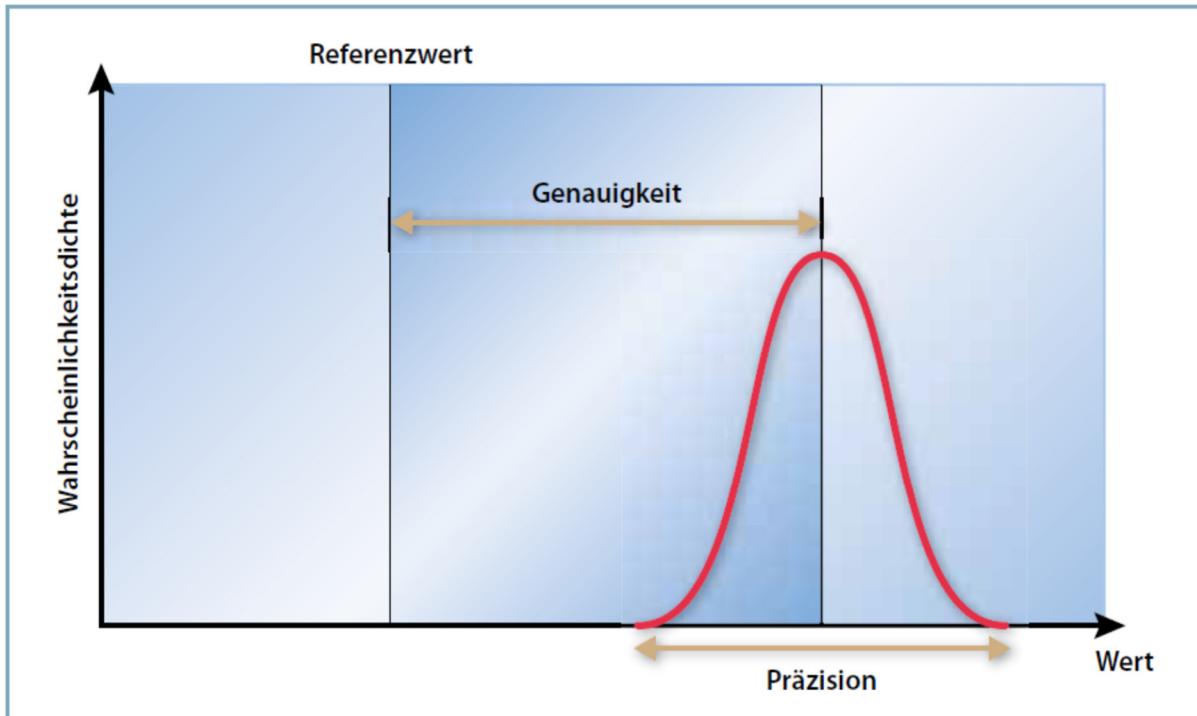


Bild 1: Unterschied zwischen Genauigkeit und Präzision

Erweiterungsfaktor k multipliziert, um die erweiterte Messunsicherheit zu erhalten. Der Wert des Erweiterungsfaktors beträgt in der Industrie typischerweise 2. Daraus folgt, dass die Druckmessung mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb des beschriebenen Messunsicherheits-bereichs liegt.

Die Euramet-Richtlinie erlaubt zudem eine Einwertangabe, um die maximale Abweichung der Messung vom Soll-Wert zu erhalten. Dazu werden die erweiterte Messunsicherheit und die Fehlerwerte kombiniert. Dieser Maximalwert wird als „Genauigkeit des Instruments“ bezeichnet und oft als relativer Wert bezogen auf „...% der Spanne“ oder „...% des Messwerts“ angegeben.

Parameter beschreiben die Geräteleistung

Zusammenfassend kann die Leistung eines Kalibriergeräts nach folgenden Parametern beurteilt werden:

Die „Genauigkeit des Instruments“ wird herangezogen, um den Pauschalwert der maximalen Differenz zwischen gemessenen und tatsächlichen Eigenschaften darzustellen. Häufig findet man diese Angabe bei Industrie- und Prozessgeräten wie Digitalmanometern und Handheld-Kalibratoren, bei denen Messunsicherheit und Abweichung nicht separat berechnet werden müssen, oder wenn ein kombiniertes Messergebnis erforderlich ist.

Die Messunsicherheit, auch „erweiterte Messunsicherheit“ genannt, spielt bei Geräten mit kleinsten Messabweichungen eine wichtige Rolle. Hierbei werden die sogenannten systematischen Komponenten berücksichtigt: die Unsicherheit des Referenzgeräts, die Umgebungsbedingungen (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Temperatur) und die Unsicherheitsbeiträge des Geräts selbst. Die

Messunsicherheit spielt vor allem bei High-End-Kalibratoren mit komplexen Messfähigkeiten, zum Beispiel Druckwaagen und -controller, eine Rolle. Die Präzision bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, mit der wiederholte Messungen unter unveränderten Bedingungen ähnliche Ergebnisse zeigen (Bild 1).

Man spricht deswegen auch von der Wiederholbarkeit eines Geräts. Da diese jedoch keine Angabe über die Nähe zum „richtigen“ Wert macht, besitzt sie nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Die Abweichung wird ermittelt aus der Differenz des gemessenen zum wahren oder erwarteten Wert. Sie wird häufig über eine Anzeige dargestellt, wobei deren begrenzte Auflösung oder Fehler beim Auslesen – sprich: Interpolieren zum Beispiel von Zeigerinstrumenten – wiederum zur Messunsicherheit beitragen. Die Abweichung spiegelt somit die zufälligen und systematischen Komponenten einer Messung wider. Die Genauigkeit verhält sich proportional zur Abweichung, das heißt: Je größer die Abweichung, umso ungenauer arbeitet das Gerät. Um die Leistungsspezifikationen ihrer Geräte darzustellen, folgen die Hersteller überwiegend den in ihrer Region üblichen Kalibrierrichtlinien.

Deren Begriffsverständnis stimmt nicht automatisch mit dem des Anwenders überein, was auf dem internationalen Markt oft zu Verwirrung führt. Es kommt also darauf an, die jeweilige Interpretation der Begriffe nachvollziehen zu können.

Kalibrierschein stellt Ergebnisse neutral dar

Die notwendigen Informationen dazu können in vielen Fällen den Kalibrierscheinen der Hersteller entnommen werden. Das zeigt das Beispiel eines DKD/DaKKS-Zertifikats. Unser unabhängiges und akkreditiertes Labor arbeitet streng nach den zuvor zitierten Richtlinien. Die Ergebnisse werden neutral dargestellt. Das Zertifikat informiert zunächst über die technischen Daten von Prüfling und Referenzgerät sowie über die Umgebungsbedingungen während der Kalibrierung (Bild 2).

HENSEL
MESS-, REGEL- UND PRÜFTECHNIK
GmbH & Co. KG

akkreditiert durch die / accredited by the
Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the
Deutschen Kalibrierdienst **DKD**

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

M - 001
D-K
15129-01-00
2014-09

Gegenstand
Object: **Federelement**

Hersteller
Manufacturer: **Hensel, Mess-, Regel- und Prüftechnik**

Typ
Type: **Rohrfederanometer in gedämpfter Ausführung**

Fabrikat/Serien-Nr.
Serial number: **001**

Auftraggeber
Customer: **Mustermann GmbH
Hauptstr. 7
02733 Cunewalde**

Auftragsnummer
Order No.: **Musterkalibrierschein**

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines
Number of pages of the certificate: **4**

Datum der Kalibrierung
Date of calibration: **2014-09-01**

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DAKKS is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Datum
Date: **2014-09-01**

Leiter des Kalibrierlaboratoriums
Head of the calibration laboratory: **Dipl.-Ing. Christian Hensel**

Bearbeiter
Person in charge: **Ingo Rönisch**

HENSEL Mess-, Regel- und Prüftechnik GmbH & Co. KG • Wilhelm-von-Polenz-Str. 7 • 02733 Cunewalde • Tel. 035877/231-0 • Fax. 035877/231-23

Bild 2: Das Kalibrierzertifikat informiert über die technischen Daten von Prüfling und Referenzgerät sowie die Umgebungsbedingungen während der Kalibrierung.

Anschließend werden die, in Abhängigkeit des erforderlichen Kalibrierablaufs, ermittelten Messwerte in einer Tabelle ausgewiesen. Neben Druckwerten können hier, zum Beispiel bei Sensoren, auch die elektrischen Ausgangssignale dargestellt werden. Die Anzahl der Messreihen hängt von der

Kalibrierung

Genauigkeitsklasse des Prüflings ab. Ab einem Wert von 0,1 % bezogen auf den Messbereich oder genauer sind vier Durchläufe (abwechselnd auf- und abwärts) erforderlich, bei weniger als 0,1 % reichen drei Sets aus (aufwärts, abwärts und erneut aufwärts messend).

Der Tabelle folgt zur vereinfachten Lesbarkeit eine grafische Darstellung der Ergebnisse der Kalibrierung (Bild 3). Diese dokumentiert über den kompletten Messbereich den Verlauf der Messabweichung inklusive der beigeordneten Messunsicherheit. Je nach Spezifikation des Geräts kann die Messabweichung in Prozent von Messbereich, Messwert oder Messspanne erfolgen. Bild 3 zeigt ebenfalls den Toleranzbereich, der sich nach der jeweiligen Herstellerangabe zur Genauigkeitsklasse bemisst. Diese steht, wenn auch häufig versteckt oder unterschiedlich dargestellt, im Datenblatt des Prüflings. Bei High-End-Produkten wird meist nur die Messunsicherheit des Geräts bestimmt und bewertet, da sie der dominante Faktor ist. Liegt der ermittelte Genauigkeitswert außerhalb der definierten Toleranz, stimmt die Leistung des Geräts nicht mehr mit den Spezifikationen des Herstellers überein. Häufige Ursachen sind hier Drift über die Zeit, aber auch eine unsachgemäße Handhabung. Für das Gerät wird dann auf jeden Fall eine Justage mit anschließender erneuter Kalibrierung empfohlen.

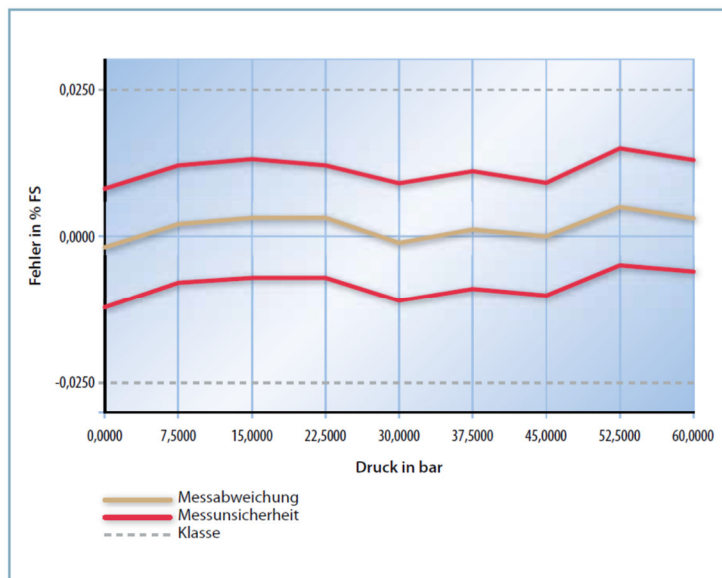


Bild 3: Der komplette Messbereich wird über den Verlauf der Messabweichung inklusive der beigeordneten Messunsicherheit dokumentiert.

Es führt kein Weg daran vorbei: Um die Messfähigkeit eines Kalibriergeräts eindeutig zu beurteilen, müssen die Spezifikationen und die darin enthaltenen Begrifflichkeiten entsprechend interpretiert werden können.

Das gilt umso mehr bei einem Vergleich von Produkten verschiedener Hersteller, da sich die Definitionen der Begrifflichkeiten in den Datenblättern oftmals unterscheiden. Eine wichtige Rolle spielen auch die Umgebungsbedingungen, unter denen das Messgerät kalibriert wurde, denn nur unter diesen Bedingungen gilt die angegebene Genauigkeit. Solch spezifische Informationen lassen sich oftmals nicht auf einen Blick erfassen: