

Wie funktioniert ein digitaler Kalibrierschein?

Qualitätsinfrastruktur (QI) ist ein entscheidendes System für die Sicherheit von Prozessen und steigert das Vertrauen in Dienstleistungen und Produkte am Markt. Ein wichtiges Beispiel für eine QI-Maßnahme ist die Kalibrierung von Sensoren und Messsystemen. Sie dient dazu die Richtigkeit und Präzision der generierten Messwerte festzustellen und somit eine metrologische Rückführbarkeit zu gewährleisten. Für die Übertragung der dazu notwendigen Informationen vom Kalibrierdienstleister zum Messmitteleigner und als schriftliche Dokumentation wird ein Kalibrierschein erstellt. Die grundlegenden Anforderungen an eine Kalibrierung und den Inhalt eines Kalibrierscheins sind in DIN EN ISO/IEC 17025 geregelt.

Bisher ist die **gängige Praxis den Kalibrierschein in Papierform zu erstellen** und auszuhändigen.

Im Rahmen von QI-Digital wird an der BAM, in enger Zusammenarbeit mit den QI-Partnern, vor allem der PTB als nationales metrologisches Institut Deutschlands, der **digitale Kalibrierschein (DCC = digital calibration certificate, [DCC \(ptb.de\)](https://www.ptb.de)** etabliert. Dabei geht der Grad der Digitalisierung deutlich über eine virtuelle Repräsentation eines Papierdokumentes (z.B. PDF-Format) hinaus. Mit Hilfe einer Markup-Sprache (XML) können sämtliche Daten eines Kalibrierscheins maschinenlesbar und die wichtigsten Informationen auch maschineninterpretierbar weitergegeben werden.

Das Ziel hierbei ist durch Digitalisierung einen hohen Grad an Automatisierung zu erreichen, sowohl bei der Kalibrierung selbst, der Erstellung des DCCs, als auch der Weiterverwendung bzw. -verarbeitung der Kalibrierdaten bei den Nutzern der Messgeräte. Dies birgt gewaltige Mehrwerte für die Industrie in Bezug auf die Qualitätssicherung.

Die Vorteile des DCC

Effiziente Handhabung: Digitale Kalibrierscheine (DCCs) bieten den unmittelbaren Vorteil einer einfacheren Handhabung im Vergleich zu Papierkalibrierscheinen. Sie **sind leicht zugänglich, einfach zu archivieren und**, durch die Anwendung etablierter kryptografischer Verfahren, **auch**

manipulationssicher und vertraulich, wodurch Unternehmen mühsame Prozesse des Sammelns, Aufbewahrens und Sicherns von Papierdokumenten vermeiden können.

Zukunftsorientierte Automatisierung: In einem DCC sind die relevanten Informationen maschinenlesbar und -interpretierbar hinterlegt, so dass eine **nahtlose Integration der Kalibrierdaten z.B. in die Prozesskontrolle und das Prüfmittelmanagement, sowie deren automatisierte Weiterverarbeitung** erreicht werden kann, was die Effizienz und Genauigkeit weiter steigert. Dies führt zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen für Unternehmen, da sie Prozesse beschleunigen und gleichzeitig Ressourcen schonen können.

Erhöhte Sicherheit: Durch eine medienbruchfreie Prozessierung und Weiterleitung der Kalibrier- und Metadaten werden Fehler beim Übertragen und der Verarbeitung vermieden und die Integrität der metrologischen Information enorm erhöht.

Leitfaden für Kalibrierdienstleister: Befähigung zur Ausstellung von DCCs (Good Practice vom BAM K-Labor)

An der BAM wurde die Befähigung zur Ausstellung von DCCs, auch im Geltungsbereich der Akkreditierung, in den folgenden Schritten umgesetzt.

Schritt 1: Entwicklung eines labor- und verfahrensspezifischen DCC-Musters

Die PTB hat ein XML-Schema für den DCC ([DCC \(ptb.de\)](https://www.ptb.de/dcc)) entwickelt, um weltweite Einheitlichkeit der grundlegenden Struktur von maschinenlesbaren Kalibrierscheinen zu gewährleisten. Unter Vorgabe dieses Schemas müssen DCC-Muster entwickelt werden, die auf die eigenen Verfahren im Kalibrierlabor angepasst sind. An der BAM wurde für zwei Verfahren zur Kalibrierung von Temperaturmessgrößen (nach DKD-R 5-1 und DKD-R 5-3) jeweils eine solche XML-Vorlage erarbeitet.

In einem nächsten Teilschritt müssen ggf. verschiedene Ausführungen dieser Verfahren beleuchtet (z.B. Fühler vs. Messketten) und in den DCC-Mustern integriert werden, um zumindest den Großteil der hierfür anfallenden Kalibrieraufträge abzudecken.

Schritt 2: Erstellung einer einheitlichen Datenstruktur / Schnittstelle zwischen DCC und evtl. vorhandener Kalibriersoftware

Für die Zusammenarbeit zwischen der Software, mit der die Kalibrierung durchgeführt wird, und der Software, mit der die Kalibrierdaten in das XML-Muster geschrieben werden sollen (Middleware), muss eine einheitliche Datenstruktur geschaffen werden. Im BAM K-Labor wurden dazu LabVIEW und Python eingesetzt. Dabei ist es wichtig eine Harmonisierung zwischen dem DCC-Muster (XML), der Bedienoberfläche (z.B. LabView) und der Middleware (z.B. Python) zu schaffen. Auf dieser Grundlage können als nächstes die entsprechenden Algorithmen programmiert werden.

Schritt 3: Daten in die XML-Vorlage schreiben

Die fertig implementierte Middleware übernimmt und verarbeitet die Messwerte aus der Kalibriersoftware und sammelt alle weiteren Metadaten (Kunden-, Auftrags-, und verbleibende Verfahrensdaten sowie die Daten des Kalibrierobjektes) über eine Eingabemaske. Auf Knopfdruck werden all diese Daten an die dafür vorgesehen Platzhalter in der XML-Vorlage geschrieben.

Ggf. ist es nötig, bei verschiedenen Optionen innerhalb eines Verfahrens leichte Änderungen in der DCC-Struktur für konkrete Ausfertigungen einzubeziehen. Beispielsweise ist für Kalibrierungen von Widerstandsthermometern nach DKD-R 5-1:11/2023 die Bestimmung und Angabe des Messtroms in vielen Fällen Pflicht, bei manchen Kalibriergegenständen aber nicht möglich. Im BAM K-Labor wurden sämtliche als relevant eingestufte Varianten in der XML-Vorlage berücksichtigt. Nach der Befüllung der Vorlage werden die Abschnitte mit nicht befüllten Elementen aus dem jeweiligen DCC entfernt (subtraktiv). Dieses Vorgehen eignet sich eher für Verfahren mit wenigen Optionen und überschaubaren Änderungen. Andernfalls ist eher ein additiver Ansatz (Middleware fügt ggf. Code-Abschnitte in die XML-Vorlage ein) oder die Verwendung mehrerer Vorlagen für ein Verfahren vorteilhaft.

Schritt 4: DCC validieren

Nach der Finalisierung eines so erstellten DCCs wird dieser im Freigabeprozess, z.B. mit einem XML-Editor, gegen das DCC-Schema ([ptb.de/dcc/v3.2.1/dcc.xsd](https://www.ptb.de/dcc/v3.2.1/dcc.xsd)) validiert (abgeglichen), um sicher zu stellen, dass die dort definierte Architektur eingehalten ist. Ggf. kann zusätzlich noch eine Schematron-Validierung durchgeführt werden, um auch eine inhaltliche

Prüfung weitgehend zu automatisieren. Die Schematron-Regeln müssten dafür jedoch zuvor ebenfalls Verfahrensspezifisch und Labor-individuell definiert und implementiert werden.

Schritt 5a: Digitale Unterschrift

Damit der Kalibrierschein sicher gegen nachträgliche Änderungen geschützt und außerdem die Herkunft der Daten authentifizierbar ist, wird das fertiggestellte und freigegebene XML mit einer digitalen Signatur oder einem elektronischen Siegel versehen. Ich das verwendete Siegel- oder Signaturzertifikat konform mit der eIDAS-Verordnung über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste, ist die Authentifizierung gültig im gesamten europäischen Wirtschaftsraum

Schritt 5b: Digitales Akkreditierungssymbol der DAkkS

Ist ein Kalibrierlabor DAkkS-akkreditiert, hat es die Möglichkeit sich ein spezielles qualifiziertes Siegelzertifikat ausstellen zu lassen, das auf DCCs im Geltungsbereich der Akkreditierung als Digitales Akkreditierungssymbol ([Digitales Akkreditierungssymbol und digitaler Kalibrierschein: DAkkS und PTB bereiten Einführung vor - DAkkS - Deutsche Akkreditierungsstelle](#)) dient. Ein so gesiegelter DCC weist als „eAttestation“, nach erfolgter Verifizierung durch den Empfänger, den aktiven Akkreditierungsstatus des Kalibrierlabors nach. Da das digitale Akkreditierungssymbol der DAkkS außerdem auch die anderen oben beschriebenen Funktionen eines herkömmlichen elektronischen Siegels erfüllt, kann es die digitale Unterschrift auf dem DCC ersetzen.

Die eAttestation wurde in Zusammenarbeit mit der DAkkS an der BAM mit zwei Pilotlaboren erprobt und findet im BAM K-Labor bereits Anwendung.

Die eAttestation steht mit denselben Funktionalitäten auch für Ergebnisberichte im PDF-Format und andere Akkreditierungsarten zur Verfügung. Sprechen Sie bei Interesse bitte Ihren DAkkS Verfahrensmanager an.

Durch das Befolgen dieses Leitfadens können Sie den Digitalen Kalibrierschein (DCC) effizient und zuverlässig in Ihrem Kalibrierlabor etablieren, um die internen Prozesse zu automatisieren und Ihren Kunden die Mehrwerte einer digitalen QI zu bieten.

Verwendung des DCCs in der Praxis am Pilotprojekt Wasserstofftankstelle

Im Rahmen von QI-Digital stellt das DAkkS-akkreditierte Kalibrierlabor der BAM DCCs für ausgewählte Temperatursensoren aus. Die Sensoren sollen an der H₂-Tankstelle in vorher ausgewählten Beispielprozessen eingesetzt werden. Die ebenfalls an der BAM entwickelte Prozessleittechnik (PLT) wertet die Daten der eingespeisten DCCs vollautomatisch aus und verknüpft die Messdaten der Sensoren in Echtzeit mit den metrologischen Informationen aus dem jeweiligen Kalibrierschein. Damit werden die für die messtechnische Rückführbarkeit nötigen Korrekturen ausgeführt und die Messdaten somit qualitätsgesichert. Die PLT führt damit eine ständige Konformitätsbewertung der ablaufenden Prozesse durch, die durch die Einbeziehung und korrekte Weiterverarbeitung der DCC-Informationen, inklusive der Messunsicherheit, ebenfalls qualitätsgesichert und somit zuverlässig ist. Der gesamte Prozess der Übertragung, Verifizierung und korrekten Einbindung der metrologischen Informationen aus der Kalibrierung der Sensoren ist somit vollautomatisiert und bindet nicht länger hochqualifiziertes Personal und weitere Ressourcen beim Betreiber einer technischen Anlage. Dies ist, zusammen mit der erhöhten Sicherheit durch die Vermeidung von Fehlern, der entscheidende Mehrwert für die Nutzer einer digitalen Metrologie und des DCCs.

Der Austausch und die Verifizierung der Informationen, wie z.B. auch des DCCs, wird perspektivisch über die Quality-X ([Whitepaper Quality X](#)) organisiert, die ebenfalls im Rahmen von QI-Digital an der BAM und der PTB entwickelt wird.

Liegen die Informationen der für den Prozess geltenden Normen oder Richtlinien ebenfalls maschinenlesbar vor (Smart Standards) ist es perspektivisch möglich mit einer Software automatisch zu prüfen, ob die vorliegende Norm/Richtlinie aktuell ist. Zudem können dort revidierte Eingriffs- und Alarmgrenzen oder -Kriterien automatisiert in die Konformitätsbewertung des Prozesses instantan normgerecht eingebunden werden.



Kontakt

Dr. Micheal Melzer
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
Micheal.Melzer@bam.de
+49 30 8104 3632

Autorin: Nanine Brunner
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
Nanine.Brunner@bam.de
+49 30 8104 4550

Initiative QI-Digital

QI-Digital ist eine Initiative der zentralen Akteure der deutschen QI: BAM, DAkkS, DIN, DKE sowie PTB. Gefördert wird die Initiative vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Unsere Innovationsprojekte verbinden praxisrelevante Anwendungsfälle mit wissenschaftlicher Grundlagenarbeit. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Industrie, Gesellschaft, Forschung und Politik schaffen wir so digitale Werkzeuge und Prozesse für den Markt. So sichern wir auch in Zukunft höchste Qualität von innovativen Produkten und Dienstleistungen



www.qi-digital.de